



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Légellátó szervizterület folyamatainak javítása és új technológiák bevezetése

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Fekete Roland
T008490/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Fekete Roland

Szaktervezési száma: SZD22022112412543

Törzskönyvi száma: T008490/F112904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Légellátó szervizterület folyamatainak javítása és új technológiák bevezetése

A dolgozat címe angolul: Improving the processes in the air supply service area and introducing new technologies

A feladat részletezése:

1. A Knorr-Bremse Hungária Kft. bemutatása
2. A légellátó egységek működési elve és jelentősége a vasúti járműveken
3. A kompresszor és légszárító egységek részletezése, bemutatása
4. A légellátó szervizterület felújítási, már meglévő folyamatainak részletes bemutatása, megvizsgálása
5. Továbbfejlesztési lehetőségek a meglévő folyamatok javítására, mely tovább támogatja a folyamatos termelést

Intézményi konzulens neve: Felvári Bálint

Külső konzulens neve: Ullrich Kristóf, Industrial Engineering Team Leader

Munkahelye: Knorr-Bremse Vasúti Jármű Rendszerek Hungária Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 26.

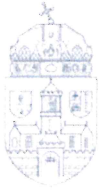


.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

KNORR-BREMSE
Vasúti Jármű Rendszerek
Hungária Kft.
.....
külső konzulens
1238 Budapest, Helsinki út 105.
Adószám: 12089675-2-44



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Kar neve

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20. 22. 12. 13.

.....
hallgató aláírása

Kérelem

Tisztelt Szervezeti Egység Vezető!

Alulírott Fekete Roland (szül. hely, idő:..... Hajdúnánás,)

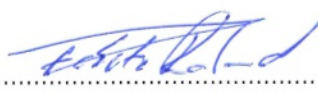
az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának Gépészmérnök szakos, CAD/CAM/CNC specializáció hallgatója, kérem az általam elkészített,

..... Léggellátó szervizterület folyamatainak javítása és új technológiák bevezetése című

szakdolgozat/diplomamunka, az Óbudai Egyetem Tanulmányi Ügyrendjének 5:10. § szerinti titkosítását és annak 10 év időtartamú titkos kezelését, tekintettel arra, hogy a dolgozatomhoz adatot, információt szolgáltató

..... Ullrich Kristóf, Knorr-Bremse Hungária Kft. (név, cégnév) a birtokomba került információkra vonatkozóan titoktartásra kötelezett.

Budapest, 2022. 09. 29.

Tisztelettel: 

(hallgató neve)

¹ A mellékletet beépítette az Egyetemi Tanács a 2017. október 9-i ülésén a 2017/2018. tanévi (X. 9.) 54. számú határozatával elfogadott módosítás. Hatályos: 2017. október 10. napjától.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
1.1.	Knorr-Bremse bemutatása.....	3
2.	A légellátó egységek szerepe a vasúti járműveken.....	5
3.	A sűrített levegő előállító és előkészítő egységek működési elve, felépítése.....	9
3.1	A kompresszor aggregátok felépítése és osztályozása.....	15
3.1.1	A csavarkompresszorok felépítése és működési elve	17
3.1.2	VV típusú olajos dugattyús kompresszor	22
3.1.3	VV-T típusú olajmentes dugattyús kompresszorok.....	23
3.1.4	Segédkompresszorok	25
3.2	A légszárító egységek osztályozása	26
3.2.1	LTZ011-015...H légszárító egységek felépítése és működési elve.....	27
3.2.2	LTZ1-3...H légszárító egységek felépítése és működési elve.....	29
4.	A szervizterület folyamatainak ismertetése, felülvizsgálata	30
4.1	Kiinduló állapot felmérése, a jelenleg érvényes elrendezés bemutatása.....	30
4.2	A területet érintő változások	35
5.	Meglévő folyamatok javítása a hatékonyság növelés érdekében.	37
5.1	Kísérőlap bevezetése	37
5.2	Miért van szükség a csavarblokk felújítására.....	40
6.	Új technológiák bevezetése a felújítás folyamatába.	42
6.1	Csavarblokk felépítése	42
6.2	Csavarblokk felújításának menete.....	43
6.2.1	Szétszerelés	44
6.2.2	Komponenseinek tisztítása, mosása és előkészítése	49
6.2.3	Csapággyűrűk eltávolítása indukciós hevítővel.....	55
6.2.4	Utómunkálatok és polírozás, csiszolás	58
6.2.5	Összeszerelés, radiális és axiális beállítás	61
6.3	Csavarblokk tesztelhetőségének a lehetősége	73
7.	Összefoglalás	75
8.	Summary.....	76

9.	Felhasznált irodalom.....	77
10.	Mellékletek	79

1. Bevezetés

1.1. Knorr-Bremse bemutatása

A kereskedelmi járműveket és vasúti fékberendezéseket gyártó német vállalatot egy német feltaláló és mérnök, Theodore Georg Knorr alapította 1905-ben. Több, mint 110 éves működése alatt a Knorr-Bremse az egyik legnagyobb és legtapasztaltabb vállalati csoporttá nőtte ki magát a sűrített levegős fékrendszerek gyártása, karbantartása és fejlesztése terén. A cég alkalmazottjainak száma csaknem 30.000 főt számlál, ami 5 kontinensen és 30 országban több, mint 100 telephellyel rendelkezik. A két fő tevékenységi köréből Magyarországon mindkét üzletág megtalálható. A vasúti járművekkel foglalkozó szegmens Budapesten helyezkedik el két egymástól különálló, de nagyon közeli telephelyen, melyet a legegyszerűbben, az alábbi tevékenységi körök szerint lehet elhatárolni:

- OE: eredeti, új termékek gyártása
- RS: szerviz és pótalkatrészgyártása

A két vállalat együttesen körülbelül 2000 főállású munkatársat foglalkoztat. A gyártás fő termékei közé sorolhatóak a kompakt és hagyományos tárcsás fékegységek, tuskós fékegységek, fékhengerek, kormányselepek, vészfékek, fékpanelek és a légellátó egységek. A szerviz gyárban pedig az új gyártás korábban eladott termékei érkeznek felújításra és javításra. A 2019-es évben gazdasági és földrajzi alapon arra a döntésre jutottak a cég vezetői, hogy Budapesten építik meg a Knorr-Bremse Európai Szerviz Központját. A nagyszabású fejlesztésről azt lehet elmondani, hogy a már meglévő részlegek nagyjából megduplázták a termelést, illetve kialakításra került a légellátó szervizterület, ahol az egységek időszerű felújítása, garanciális karbantartása zajlik. Az itt dolgozó szakemberek egyidejűleg több, mint 100 különböző partnert, járműgyártót és üzemeltetőket képesek komplexen kiszolgálni. A telephely az így véghez vitt átalakításokkal és fejlesztésekkel mintegy 4500 m²-en működik napjainkban.



1. ábra. Knorr-Bremse Rail Services logó [1]

A szerviz központban 2021 elején kezdtem el dolgozni gyakornokként a forgácsolási területen, mint technológus. Egy év elteltével folyamatmérnöki pozícióval bíztak meg és kiegészült a már meglévő munkaköröm egy számomra teljesen új kihívással, a légellátó szervizterület mérnöki támogatásával. A munkám része, hogy segítsen a terület hatékony működését, a folyamatok fejlesztését. Az elkövetkező fejezetek előtt azonban szükséges az egyes termékek működésének megértése külön-külön és a teljes rendszer részeként is. Ennek érdekében a dolgozatom következő fejezeteiben kerülnek bemutatásra a légellátó egységek főbb termékcsoportjai és azok működési elve, amelyek a dolgozat tartalmi részének alapjául szolgálnak.

2. A légellátó egységek szerepe a vasúti járműveken

A levegőellátás magába foglalja a sűrített levegő kompresszorral, légsűrítővel történő előállítását, illetve a levegő előkészítését. Ennek eredményeképp meghatározott minőségű és mennyiségű sűrített levegő előállítása valósul meg.

A légellátó termékekről elmondható, hogy nagyon speciális és megkerülhetetlen szerepet töltenek be a vasúti fékrendszerek területén. Ezek az egységek felelősek a pneumatikus alapú járművek működéséért. Fontosságuk megértéséhez elengedhetetlen megemlíteni, hogy a modern vonatok többnyire pneumatikus rendszerű járművek.

A sűrített levegő számos előnye közé tartozik, hogy a vonat levegős rendszerét összefogja egy egészként, így az egymás után csatlakoztatott berendezéseket könnyen lehet megbontani és gyorsan csatlakoztatni. Következésképpen üzemeltetve pedig a karbantartási igényük is kevesebb, az alkatrészek pótlása pedig meglehetősen olcsóbb, mint egyéb hidraulikus berendezéseké. A sűrített levegő tárolása légtartályokban, szállítása pedig tömlők segítségével történik, de a legfőbb előnye mégiscsak az, hogy mindenhol rendelkezésre áll.

Természetesen a sűrített levegő használatának nem csak előnye van. A levegő egyéb szennyeződésekkel tartalmazhat (szemcsék, por, víz), kenő hatása nincs. A rendszer működéséhez 6-10 bar folyamatos nyomású levegőre van szükség. A légsűrítő segítségével megtermelt sűrített levegő tárolása a főlégtartályban történik, 8-10 bar névleges nyomáson. Ehhez képest a fővezeték kb. 5 bar üzemi nyomáson van tartva. A különbség abból ered, hogy a segédlégtartályok feltöltése a fékezéshez, az oldás és egyéb levegővesztéseit a rendszernek a főlégtartályból pótolják. Éppen ezért célszerű túlnyomást generálni a fővezeteki nyomáshoz képest. [2]

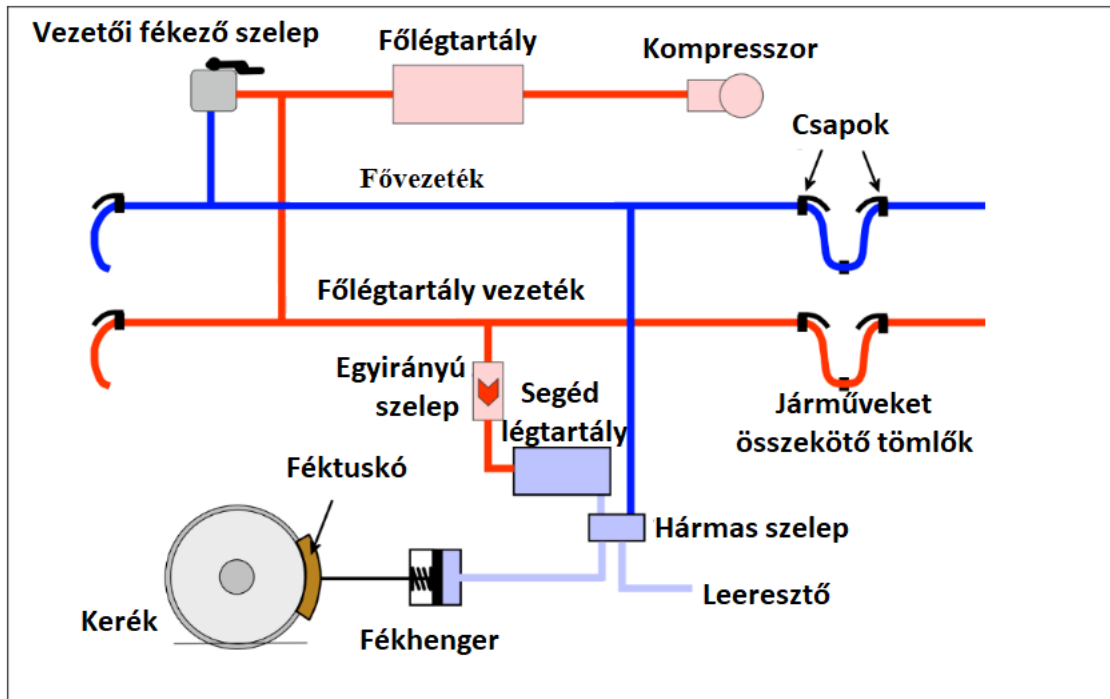
A főlégtartálytól a pneumatikus rendszerek és segédberendezések felé vezet a sűrített levegő útja. Az alábbi listában néhány olyan elem felsorolása látható, amelyekhez felhasználható sűrített levegő a funkciójuk ellátásához. [2]

Néhány levegőfüggő berendezés a vasúti járműveken:

- pneumatikus fékek
- fékvezérlő rendszerek, fékindikátorok
- áramszedő
- ajtónyitásért felelő mechanizmusok
- szélvédőtörlő és mosó egységek, ablakpáramentesítő
- levegő szuszpenzió a padlómagasság kiegyensúlyozásához
- kerékcúszás elleni védelem, nyomkarimakenő
- légkürt
- vezetői ülés állítóberendezése

A főlégtartály nyomását a biztonsági szelep szabályozza a légsűrítő irányába. Amennyiben a légsűrítő túltermeli egyéb okok miatt a beállított értéket, abban az esetben a biztonsági szelep úgynevezett „lefújást” hajt végre, amivel a túlnyomást megszünteti, ezzel meggátolva a túltöltést. A tartályban tárolt levegőnél hőmérséklet esés is megfigyelhető, amiből különböző olaj- és vízzennyeződések válhatnak ki. A víztelenítés problémájára több érdekes megoldás is létezik, közvetlen vagy távoli vezérlésű berendezések is léteznek. Ennek végrehajtása időt és figyelmet igényel, mert üzem közben a magas nyomás hatására meglehet, hogy csak a levegő távozik, ezért a berendezés nyitása kulcsfontosságú, hogy a levegővel együtt felgyülemlett víz és egyéb szennyeződések is távozzanak. [2]

Az alábbi néhány sorban egy kétvezetékes vasúti légfékrendszert mutatok be, amelyet az egyvezetékes konstrukció továbbfejlesztésére terveztek. A szabványos légfékrendszerek kialakítása miatt olyan mértékű levegőfogyasztás figyelhető meg a segéd tartályokban, hogy azt a fővezetéken keresztül nem lehet elég hatékonyan újra tölteni és kiegyensúlyozni. [3]



2. ábra. Kétvezetékes légfékrendszer sematikája [3]

A rendszer főlégtartály vezetéke a főlégtartályhoz tartozik. Ez egy ellátó cső, amely a vonaton hosszában fut és elsősorban a kompresszorból a főlégtartályt táplálja. Vezérlési funkciót nem lát el, de az egyes kocsik segéd tartályaiban a kritikus nyomásvesztés problémájának megoldására szolgál. A fő – és segéd légtartály között egy egyirányú szelep lehetővé teszi, hogy a fővezetéken érkező levegő feltöltse a kiegészítő tartályt. A szelep egyirányú funkciója megakadályozza a segéd tartályt, hogy levegőt veszítsen, ha a fő tartály nyomása esik. [3]

A bemutatott rendszer alapján jól látható, hogy a légellátó termékek lényegében a következőkből áll:

- levegőellátó egységek (kompresszorok) a sűrített levegő előállításához és kezeléséhez,
- légtartályok (fő – és kiegészítő), amelyek pufferként szolgálnak,
- csővezetékek a levegő szállításához.

Az utóbbi két részegység a továbbiakban nem kerül részletezésre, mert bármilyen meghibásodás esetén ezeket a termékeket általában cserélni kell. Másrészt a fölégtartály kiegészíthető egy további résszel, a kondenzattartállyal, amely a sűrített levegő feldolgozása során keletkező kondenzátum tárolására és leválasztására szolgál. Ezt a terméket jellemzően a levegőellátó rendszer utáni részbe építik be.

A fejezet zárásaként elmondható, hogy az egyre magasabb biztonságú és teljesítményű járművek irányába mozgó irányvonal ma minden gyártó számára izgalmas kihívást jelent. Éppen ezért is keresik a megbízható sűrített levegős ellátás megoldásait. A minél kevesebb csatlakozási pontok a be- és kiszerezési idő jelentős csökkenésével jár, így a beépített egységek nagyfokú megbízhatóságának köszönhetően, a teljes rendszer rendelkezésre állása is jelentősen megnő. A 3. fejezetben részletesen ismertetem ezen alkalmazások felépítését, típusait és működési elvét.

3. A sűrített levegő előállító és előkészítő egységek működési elve, felépítése.

A légellátó egységekről általánosan elmondható, hogy komplex, de önálló berendezések, melyeket sűrített levegő előállítására, kezelésére és szállítására fejlesztettek ki a vasúti területen alkalmazott, pneumatikusan működő járművek támogatására. Ezen termékeket számos cél teljesítésére használják, ezért közvetve a kompresszorok felelősek az egész jármű problémamentes működéséért. Ahhoz, hogy megértsük ezeknek az eszközöknek a működési elvét, először is elengedhetetlen funkcionális elemeire bontani őket.

A levegőellátó egység szerkezeti felépítése a következő részegységekre osztható:

- Kompresszor aggregát
- Légszárító egység
- Háromfázisú AC/DC motor vagy hidromotor
- Biztonsági szelepek
- Elektrmos rendszer
- Leválasztó
- Olajszűrő
- Kimeneti levegő nyomásszabályzó
- Védőburkolat/keret

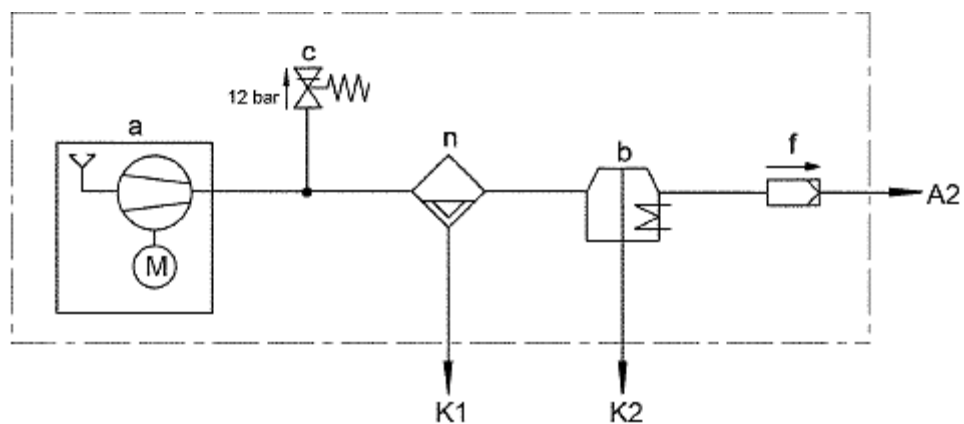
A felsorolt egységek megléte nagymértékben függ az adott kompresszor típusától. Lényegéből három fő funkcionális változat létezik, amelyeknél a pneumatikus diagramok reprezentálják a felépítési és működési elveket. A különböző eszközök közötti főbb különbségek kiemelése érdekében a legkifejezőbb módszer a levegő áramlásának nyomon követése a bemenettől a kimenetig. Ezen a ponton nem annyira fontos megérteni a kompresszorkészletek és a légszárító egységek részletes működési elvét, amelyről a dolgozat későbbi szakaszában lesz szó.

Azt kell figyelembe venni, hogy a kompresszor legfontosabb funkciója a nyomás alatti gáz előállítása a jármű teljes pneumatikus rendszerének támogatására, illetve, hogy a légszárító egység a páratartalom mennyiségét csökkentsen és bizonyos esetekben a szállított levegőben visszamaradt olajat mérsékli. Általánosan elmondható, hogy funkcionális okok alapján három különböző légeellátó egység csoportot lehet megkülönböztetni.

1. Csavarkompresszorok (SL típusjelöléssel rendelkezik)
2. Olajos dugattyús kompresszor (VV)
3. Olajmentes dugattyús kompresszor (VV-T)

A továbbiakban bemutatásra kerül minden jelentős típusra egy-egy példa, konkrét pneumatikus diagramokkal, a kapcsolódó elemek magyarázatával.

1. Olajkenésű levegőellátó egység pneumatikus diagramja csavarkompresszorral:

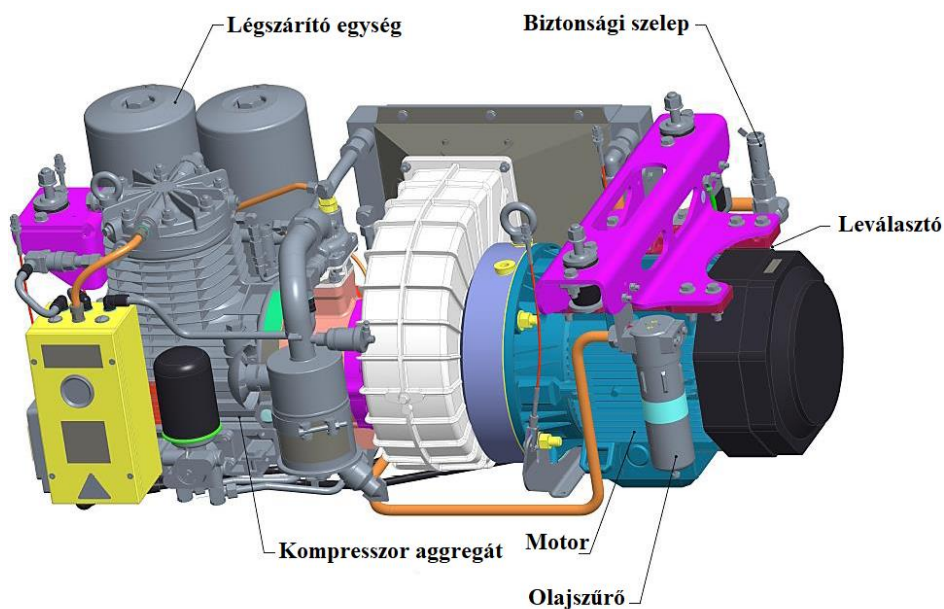


2. ábra. Csavarkompresszoros levegőellátó egység felépítése [4]

Ahol:

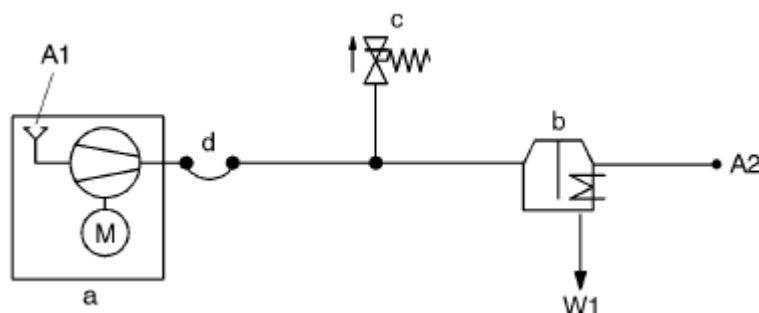
- a) Kompresszor aggregát (motorral)
- b) Légszárító egység
- c) Biztonsági szelep
- d) Olajszűrő
- n) Leválasztó
- A₂) Levegő kimenet
- K₁) Kondenzát kimenet
- K₂) Regenerációs levegő kimenet

A csavarkompresszorral szerelt lépellátó egység funkcionális részeit az alábbi modellen szeretném bemutatni:



3. ábra. Funkcionális részei az SL típusú lépellátó egységnek [5]

2. Olajos dugattyús kompresszorral szerelt lépellátó egység pneumatikus ábrája:

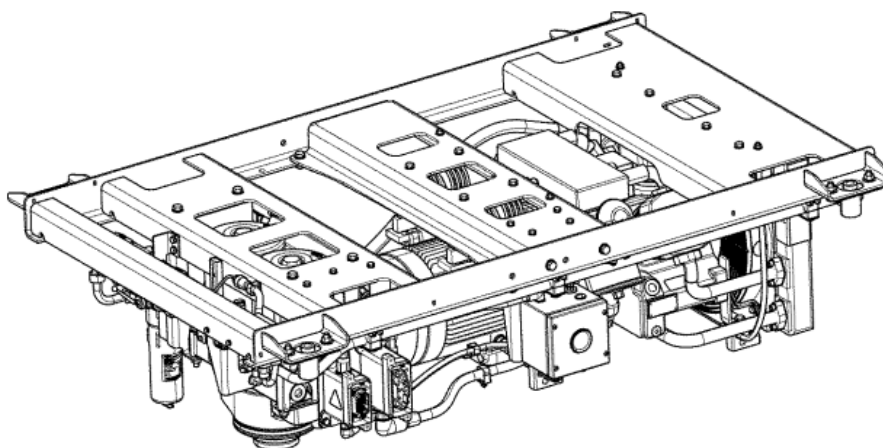


4. ábra. VV típusú kompresszorral szerelt lépellátó egység felépítése [6]

Ahol:

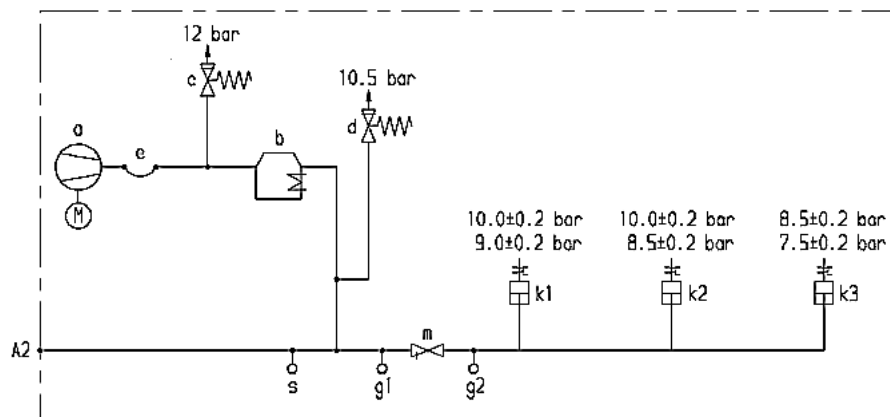
- a) Kompresszor aggregát (motorral)
- b) Légszárító egység
- c) Biztonsági szelep
- d) tömlő vezeték
- A₁) levegő bemenet
- A₂) levegő kimenet
- W₁) Kifűvás

Az olajos dugattyús kompresszorra szerelt légellátó egység funkcionális részeit szemléltető izometrikus ábra:



5. ábra. VV típusú légellátó egység [6]

3. Olajmentes dugattyús kompresszorral szerelt légellátó egység pneumatikus ábrája:

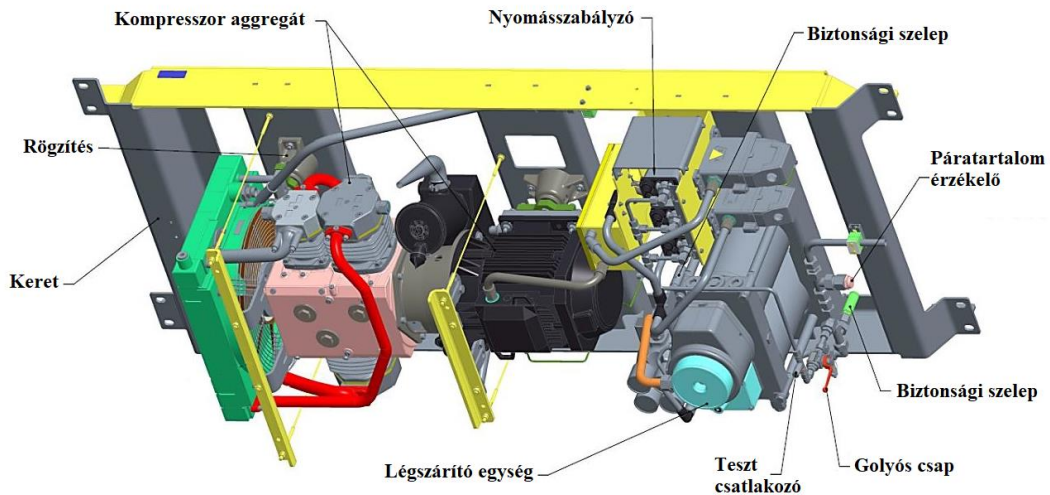


6. ábra. VV-T típusú légellátó egység pneumatikus ábrája [7]

Ahol:

- a) Kompresszor aggregát (motorral) és b) Légszárító egység
- c) és d) Biztonsági szelep
- e) Tömlő vezeték
- g..) Teszt csatlakozás
- k..) nyomásszabályzó
- m) golyóscsap
- s) páratartalom indikátor
- A2) levegő kimenet

VV-T kompresszorral szerelt légellátó egység funkcionális részeit szemléltető modell:

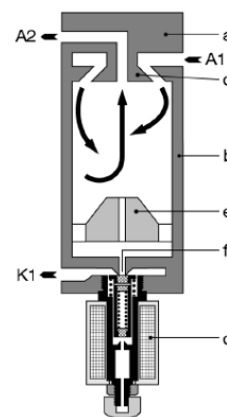


7. ábra. VV-T típusú légellátó egység [8]

Minden egyes fent ábrázolt esetben a kompresszor levegőt szív a bemenetből, majd a kompresszió után továbbítja a nyomás alatt lévő gázt egy biztonsági szelepen keresztül a légszárító egységbe.

Több légellátó egységnél közvetlenül a biztonsági szelep után a légszárító egység kapcsolómodulja által vezérelt leválasztó lép működésbe, hogy a rendszerben kialakult kondenzált páratartalmat és olajat eltávolítsa. Ennek az egységnek működési elve, hogy a sűrített levegő a levegőbemeneten (A1) keresztül eljut a házba (b), ahol a forgórész (d) megfordítja és felgyorsítja az áramlást, aminek következtében a sűrített levegőt a ház belső falához tereli. A kondenzvíz kivezetése (K1) egy mágnesszelep (c) segítségével nyitható, amely a légszárító egység áramkörén keresztül aktiválódik. [9]

- és b) ház c) mágnesszelep
- d) forgórész
- e) szeparáló kúp
- f) szeleplék
- A1) levegő bement
- A2) levegő kimenet
- K1) kondenzát kimenet



8. ábra. Leválasztó felépítése [9]

A leválasztási folyamat után a levegő útja több csavaros és olajkenésű dugattyús kompresszor esetén is, a légszárító után egy olajsűrőn keresztül halad, amely kinyeri a levegőben maradt olaj részecskéket. Ez a folyamat kihagyhatatlan a hűvös helyen történő alkalmazás és az ezt előidéző meghibásodások miatt.

A levegő áramlását követve a légszárító egység megfelelő működésének érdekében egy ellenőrző páratartalom érzékelő (8. ábra) szerelhető. Ezt megpillantva lehet visszajelzést kapni a szárítóegységből távozó sűrített levegő száraz vagy nedves állapotáról. Általában egy színes indikátoros szilikagélt vizsgálva lehet meggyőződni az alábbi állapotokról [10]:

- Narancssárga: alapszíne, a légszárító megfelelően működik, a levegő páratartalma alacsony.
- Színtelen: a légszárító nem működik megfelelően, a levegő nedves.
- Barna szerű: az indikátor már nem használható többé, mert szennyeződött.

Több légellátó egységnél beépített nyomásszabályozók (7. ábra) generálják a bemeneti jelet a vezérlőrendszer számára. A szabályozók felváltva nyitják és zárják az elektromos áramkört, attól függően, hogy mikor érik el az alsó vagy felső munkapontjukat. A rendszerből egy golyóscsap (7. ábra) segítségével könnyen kizárhatóak, ami funkcionális tesztelés során hasznos lehet. [11]

Elmondható, hogy a légellátó egységek funkcionális részeit általában keret (7. ábra), védőburkolat veszi körül, amely arra szolgál, hogy megvédje a terméket az időjárási viszonyok hatásaitól vagy egyéb károktól. Továbbá támogatja az elemek rögzítését egymáshoz és a járműhöz egyaránt. A kompresszorok rögzítését (8. ábra) úgy tervezték, hogy vibráció és rezgés ellen csillapítsa a fellépő negatív hatásokat, illetve célja, hogy az indításkor fellépő rázkódás és váratlan lelazulást megakadályozza.

.

A légellátó egységek felépítésének és működési elvének áttekintése után elengedhetetlen a fő részegységek külön-külön bemutatása, a mélyebb megértése a következő fejezetben.

3.1 A kompresszor aggregátok felépítése és osztályozása

Alapvetően a következő részekységekből áll:

- Kompresszor
- Háromfázisú AC/DC motor, Hydromotor
- Száraz légszűrő
- Elektromos rendszer
- Rugalmas rögzítések

Ahogy a korábbi fejezetben már említettem, a kompresszorok három fő csoportba sorolhatóak a szerkezeti felépítésük és működési elvük szerint. Ez a három nagy osztály további alcsoportokra is felosztható. Megemlíteném, hogy úgynevezett egzotikus egységekkel is bővíthető a kompresszor variációk száma, amelyek elég speciális projekteknek tekinthetőek, megrendelés esetén nem mindennapi tervezést igényelnek. Másik fontos típus a segédkompresszorok, mely a főkompresszort támogatja a levegő felfutásáig.

Kompresszorok osztályozása:

- Csavarkompresszorok (SL)
- Olajos dugattyús kompresszorok (VV)
- Olajmentes dugattyús kompresszorok (VV-T)
- Egzotikus egységek, mint például rotációs vagy forgólapátos kompresszorok (FZ)
- Segédkompresszorok (LP115, V10-T)

Ezen felül tovább tagolhatóak a termékek megjelenés, típus vagy tulajdonságuk alapján. A csavarkompresszor típusok például a járművek teljes választékához rendelkezésre állnak, különböző beépítési és környezettel szembeni hatás védelmére tervezve [12]:

- SL6/SL6-K: a legkisebb kivitel, kapszulás verzió extra alacsony zajszinttel.
- SL20-5: szabvány kivitel, széles fordulatszám tartománnyal, univerzális alkalmazás.
- SL22/SL24: kizárólag vasúti alkalmazásra kifejlesztett csavarblokkal.
- SL40/SL60: robosztus, hosszú élettartamú kialakítás a nagy levegő igényhez.

A bemutatott dugattyús kompresszor alcsoportok az alkalmazott lökettérfogat alapján megkülönböztethetők. Erre jó példa a 9. ábra is, ami jól szemlélteti az olajos dugattyús kompresszorok moduláris felépítését.

Dugattyúk/hengerek	Alacsony nyomás	Magas nyomás							
V10-T 							1		
VV40-T 							2	1	
VV80T 						2	1		
VV90-T 							1		2
VV120-T 					2	1			
VV180-T 				2	1				
4 henger VV270-T 				3	1				

9. ábra. VV-T termékcsalád [13]

Az értelmezést tovább segítheti még a kompresszor cikkszámok vizsgálata, mintának egy olajos dugattyús kompresszort választottam. [14]

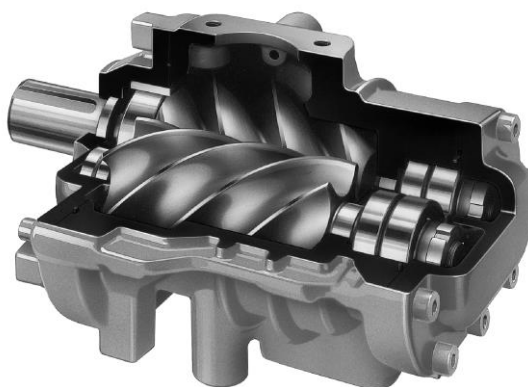
A kompresszor cikkszáma: 8.120.2.321.050.9

- 8: Cégcsoport
- 120: Típusjelölő, dugattyú térfogata 120 cm³,
- 2: Váltakozóáramú motorral hajtott egység
- 321: 3 az óramutató járásával ellentétesen forgó motor irányt jelöli, a 21 pedig azt, hogy közbenső karimás rögzítéssel szerelt
- 050: Altípus megjelölés, mellékletekkel ellátott verzió
- 9: Építési terv száma

A kompresszorkészletek osztályozása utána az egyes főbb típusokat részletezése következik, a konkrét működésüket bemutatásával.

3.1.1 A csavarkompresszorok felépítése és működési elve

A csavarkompresszorok két spirális, egymással ellentétes irányba forgó rotorral működő gépek, amik a térfogatkiszorítás elvén alapszanak. Meghajtását a kuplungon keresztül kapja a villanymotor által. Elhelyezkedését illetően a rotorpár egy szűrkeöntvény házban forog. A levegő bemenete radiális, míg a kimenet axiális irányba távozik a csavarblokk házában található speciálisan kialakított nyíláson keresztül. [15]

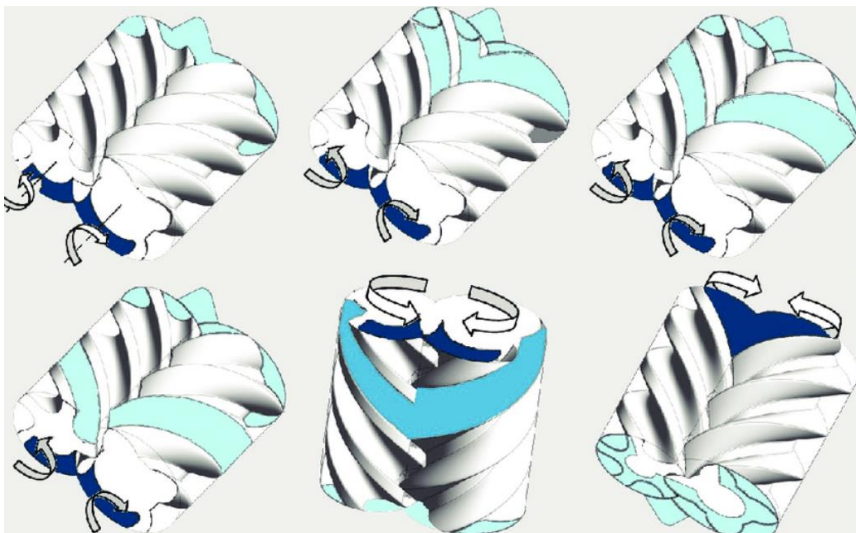


10. ábra. SL csavarlégsűrítő család csavarblokkja [16]

Az áramló közeg, amit a környezetből szív be a kompresszor egy zárt térbe, rotorok forgásával a gép egyik feléből a másikba áramlik. Ezen folyamat során történik meg a sűrítés. A beáramlás általában fentről történik és leköveti a spirál formáját.

A sűrítés folyamatát 4 fázisra lehet bontani. Az első fázis az, ahol a beömlőnyíláson keresztül belép a levegő a sűrítőházba. A második és harmadik fázis során a rotorok elforognak a beömlőnyílás előtt, majd a spirális kialakításuknak köszönhetően egy zárt sűrítési teret képeznek. A közeg a rotorok forgásának hatására a gép egyik feléből a másik oldalába áramlik, ezzel megkezdődik a sűrítési folyamat. Az előrehaladó mozgása zárja a levegő beömlő nyílását, így a térfogat is csökken a növekvő nyomás mellett. Az utolsó fázisba érve végbe megy a kompresszió, elérve a kiömlőnyílást. A csavarorsók kialakítása biztosítja a folyamatos, lüktetés mentes áramlást és ebből adódóan nincs úgynevezett káros tér. [15]

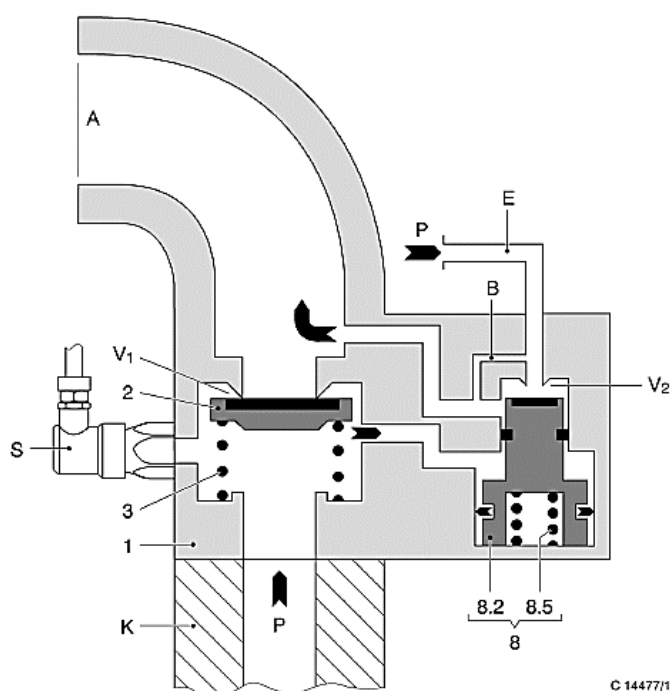
Működés közben a forgó rotorok az olajsűrűn keresztül szállítják az olajat a blokkban. Az olaj a forgórészek és a csapágyak kenésére szolgál. Mindemellett csökkenti a súrlódást az érintkező alkatrészek között, ezzel biztosítva megfelelő hűtést a közeg számára. [17]



11. ábra. A sűrítés folyamatát szemléltető ábra. [18]

A csavarblokkban fellépő axiális erők miatt golyós -, vagy görgőscsapágyak alkalmazása elengedhetetlen. A gyártása nagy odafigyelést igényel, hogy a tengelyirányú rotor elmozdulást kiküszöböljék, illetve a megfelelő illesztési hézagokat állítsák be. A rotorok és a fedelek pontos megmunkálása elengedhetetlen, ennek érdekében precíziós forgácsolással készülnek. A túlzott méretű hézagok növelhetik a holtjáték kialakulását, ami kopáshoz, hatásfok csökkenéshez, akár a kompresszor tönkremeneteléhez vezethet.

Ezt követően a rugóerő (8.5) újra érvénybe lép a dugattyún (8.2) és a szeleplék (V2) ismét zár. A fennmaradó túlnyomás néhány percen belül a környezeti szintre csökken a szellőzőcsatornán (B) keresztül. A folyamat különösen fontos a túlzott olajhabképződés elkerülése végett a kompresszorban. Egy felszerelt nyomáskapcsoló (S) lehetővé teszi, hogy a kompresszor csak a tehermentesítési folyamat befejezése után induljon újra, alacsony belső nyomás mellett. [20]



13. ábra. Tehermentesítő szelep ábra [20]

Jelmagyarázat:

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1) Ház | A) Szívócső |
| 2) Szelepfaj | B) Kiáramló járat |
| 3) Tehermentesítő elem | E) Tehermentesítő cső |
| 8.2) Dugattyú | K) Kompresszor szívócsőnk |
| 8.5) Rugó | P) és S) Kompresszor ház nyomás |
| | V) Szeleplék |

Miután a szívónyíláson és a csavarblokkon keresztül áthaladt a nyomás alatt lévő levegő-olaj keverék, egy hőmérsékletkapcsolón és egy durva olajleválasztón keresztül áramlik az olajteknőbe, ahogy az a 12. ábrán látható. A hőkapcsoló érintkező csak a kompresszor kikapcsolási hőmérsékletének túllépése esetén nyílik és a teljes egység lekapcsolásával akadályozza meg az esetleges túlmelegedést. Normál üzem esetén egy termosztát felelős azért, hogy az olaj hőmérsékletét az előírt érték alatt tartsa. Amikor az olaj hőmérséklete eléri a 83 °C-ot, az olajvezérlő egységben lévő termosztát megnyitja az utat a kombinált olaj-levegő hűtőhöz. Az olajvezérlő egységből visszatérő olajat részben az olajteknő hűtésére, részben pedig a csavarblokkba történő közvetlen befecskendezésre használja el a rendszer. Ezzel a folyamattal az üzemi hőmérséklet tartható. [17]

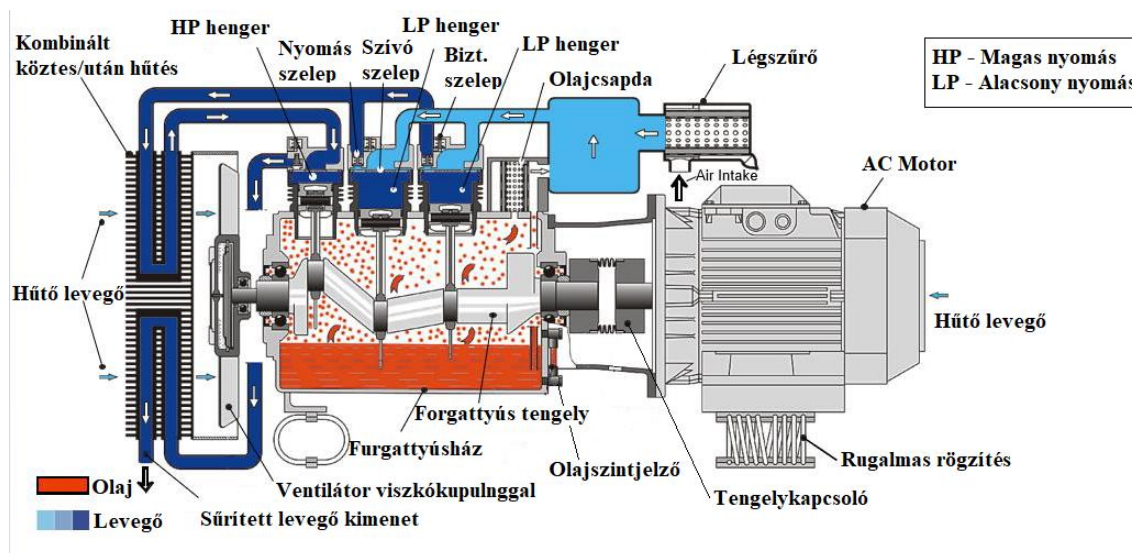
A másik biztonságot szolgáló berendezés egy kiegészítő biztonsági szelep a kompresszor védelmére. Ezen szelepek megvédik a levegős rendszer pneumatikus elemeit a túl magas nyomástól és ezzel megóvják a csatlakoztatott részeket a károsodástól.

A durva olajleválasztóból az olajleválasztó elemen keresztül történő áramoltatással, a sűrített levegő a kombinált levegő-olajhűtőben hűl le, majd a levegőkimeneten keresztül továbbítja a további egységekhez (légszárító egység, olajsűrítő). A hűtőlevegőt jellemzően a kompresszor radiális ventilátora szívja fel és a kombinált levegő-olajhűtőn engedi ki.

A csavarkompresszorok működési elvének és felépítésének megismerése után az alábbiakat lehet még elmondani. Az SL kompresszorok belső kompressziós nyomással rendelkeznek, illetve futásakor a teljes bejövő levegő összenyomódik, ellentétben a dugattyús kompresszorokkal. A sűrített levegő előállításához minimális fordulatszám szükséges a természetes visszaáramlású kialakítás miatt. Tervezése miatt elkerül minden olyan excentrikusan mozgó részt, mint a szelepek és dugattyúk, ezáltal minimálisra csökkennek a futási rezgések és a szállítási pulzációk. Ezen tényezők együttesen a tengelykapcsoló és a csapágycsukló alacsony dinamikus terhelését, alacsony működési zajszintet és költséghatékony hajtási teljesítményt érnek el, ami miatt rendkívül népszerű termékcsaládba tartozik.

3.1.2 VV típusú olajos dugattyús kompresszor

Jellemzően kétfokozatú gépek, amelynek két vagy három hengere van az alacsony nyomású szakaszban és egy a nagynyomású szakaszban. A hengerfej alatt található hengerekben kombinált szívó -, és szállító szelepek vannak. A szívott levegő az alacsony nyomás hengereken keresztül jön és a száraz légszűrőn keresztül tisztul. Ezt követően történik az elősűrítés, majd a köztes hűtőn halad át a levegő. Intenzív hűtés után a nagy nyomású hengerbe kerül az elősűrített levegő, hogy a végső nyomást előállítsa. Az után hűtés a nagynyomású fokozat után történik, mielőtt a sűrített levegő tovább halad a készletlégtartályba. [21]

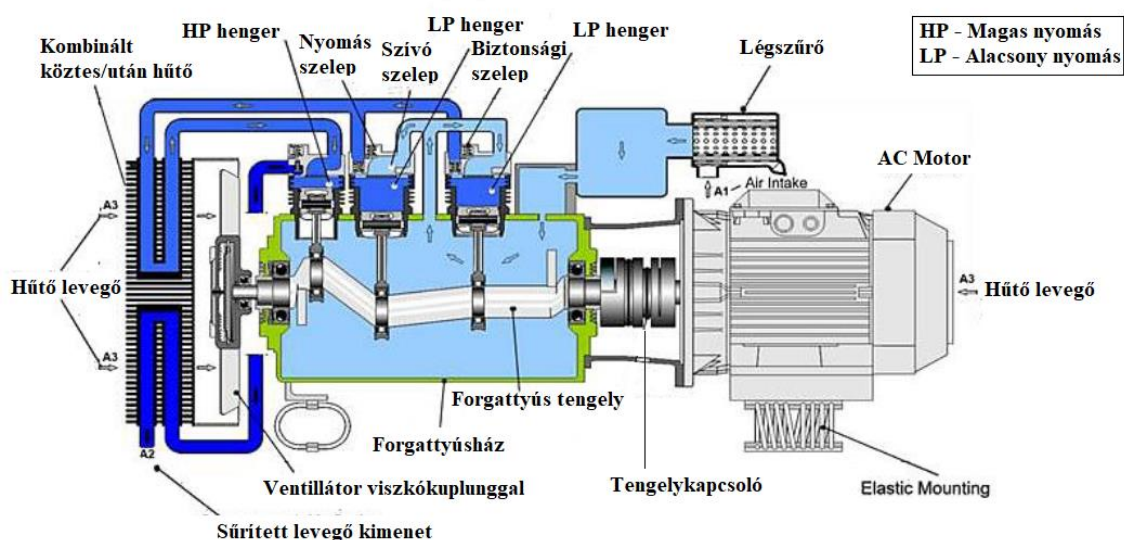


14. ábra. VV típusú kompresszor felépítése [22]

Mindkét típusú dugattyús kompresszort beépített viszkózus kuplunggal tervezték, ami eltér az SL kompresszorok ventilátor kialakításától. Ez az elrendezés folyamatos hűtést biztosít a környezeti hőmérséklet és a kompresszor kimeneti hőmérséklete alapján. Ennek a csatlakozási megoldásnak a működési elve a belső viszkozitás változáson alapszik, melyet egy fűtőberendezés szabályoz. Például, ha a környezeti hőmérséklet alacsony, a járókerék megcsúszik a forgattyús tengelyhez képest. Viszont, ha a kompresszor további hűtést igényel, a tengelykapcsolóban lévő folyadék viszkozitásának beállításával, a járókerék képtelen sokkal gyorsabban forogni. Így biztosított, hogy mindig üzemi hőmérsékleten történjen a működés. [21]

3.1.3 VV-T típusú olajmentes dugattyús kompresszorok

Az olajmentes, másnéven száraz kompresszorok működési elve nagyon hasonló az olajkenéses dugattyútípusokhoz. A pneumatikus felépítésük szinte teljesen azonos, de a VV-T típusokat úgy tervezték, hogy további kenőfolyadék hiányában működjenek, ahogy az alábbi ábra is szemlélteti.



15. ábra. VV-T kompresszor felépítése [13]

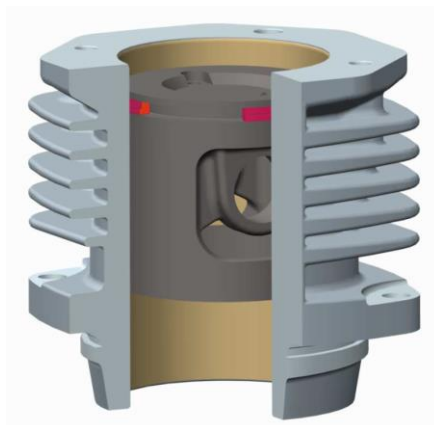
A korábbi megállapítások alapján is szemmel láthatóan közel azonos a két típus, de részleteiben sok különbség rejlik, amelyek a magasabb követelményekre kifejlesztett kialakításból származnak.

VV-T kompresszorok célja az új piaci követelményeknek is megfelelés:

- környezetvédelem,
- olajmentes sűrített levegő
- hosszú élettartam
- csökkentett zajkibocsátás
- alacsony rezgésszint

Az olajmentes levegő például meghosszabbítja a gumi alkatrészek élettartamát a dugattyúkban és a tömítésekben, szelepülékekben az egész rendszert együttvéve. Az olajmentes üzemelés szerint az egység olajsűrők és kondenzátumgyűjtő nélkül is működhet. A karbantartással felszabadult idők rengeteget jelenthetnek. További előnye a típusnak, hogy hideg környezetben, előmelegítés nélkül, még akár -40°C körüli hőmérsékleten is indíthatóak, üzemeltethetőek. [23]

A kompresszor egyaránt használható rövidebb és hosszabb munkaciklusokra, mivel ebben az esetben nincs szükség az olajhabzás megelőzésére. Ebből kifolyólag a nyomáscsökkentő szelep kiépítése is egyszerűbbé válik. Elhagyható az indítás engedélyező kapcsoló és a szelep csak a túlnyomás elleni védelemért felelős. A hajtókar – és főtengelycsapágys, illetve a kompresszor bizonyos elemei meghatározott zsírral vannak ellátva, hogy megőrizték élettartamukat. A dugattyúk Teflon bevonattal vannak ellátva és Teflon dugattyúgyűrűkkel rendelkeznek, úgymond „szárazon” működhetnek, olajkenés nélkül. A henger futófelülete nagy pontosságú hónolással készül. A kompresszor minden alkatrésze korrózióálló. [13]

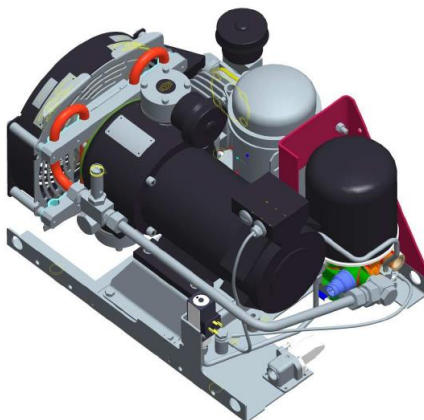


16. ábra. Hengerfej [13]

Minden egyéb funkcionális alkatrész, mint például a villanymotor, légszűrő, biztonsági és nyomáscsökkentő szelepek ugyanazon elvvel és céllal működnek, mint a csavarkompresszorok esetében is.

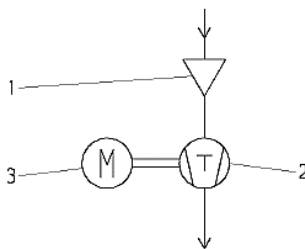
3.1.4 Segédkompresszorok

A kiegészítő kompresszorokat alapvetően az áramszedő, ajtó nyitást működtető pneumatika támogatásához szükséges sűrített levegő előállításához használják. Általában a fedélzeti akkumulátor táplálja és ahogy említettem, az áramszedő mechanizmus támogatásáért felelős, lehetővé téve a jármű áramfelvételét a kezdeti szakaszban, egészen a fő kompresszor felfutásáig.



17. ábra. V10-T típusú kiegészítő kompresszor [24]

Az alábbi ábrán látható, hogy a segédkompresszorok mennyire egyszerű konstrukciók, amelyeket alapvetően egyenáramú motorok hajtanak meg a 24 V feszültségtől kezdve a 110 V feszültségig. [25]



18. ábra. Segédkompresszor pneumatikus ábrája [25]

Ahol:

- 1) száraz légszűrő
- 2) kompresszor
- 3) motor

A lézellátó egységek és kompresszorok működési elvének bemutatása után a következő pontban szeretném ismertetni a légszárító egységeket.

3.2 A légszárító egységek osztályozása

Az előző fejezetben említésre került, hogy a légszárító egységek alkalmazásának fő célja a levegő páratartalmának csökkentése a pneumatikus rendszerekben. Ezzel megelőzhető az alkatrészek idő előtti kopása, korróziója, amik hosszútávon meghibásodáshoz vezethetnek. Fontos tudni, hogy a minél tisztábban előállított levegő a szerelvények élettartamát és üzemképességét szolgálja. A sűrített levegős rendszerben fellépő korrózió megelőzésére a relatív páratartalmat 35% alá kell csökkenteni. Az egységek globálisan különböző országokban, különféle időjárási viszonyoknak vannak kitéve, ezáltal a pneumatikus részek elfagyását, és az ebből fellépő működési hibákat és sérüléseket meg kell előzni. [16]

Szerkezeti és funkcionális jellemzők alapján két fő típusra lehet osztani a légszárítókat:

- LTZ011-15...H
- LTZ1-3...H

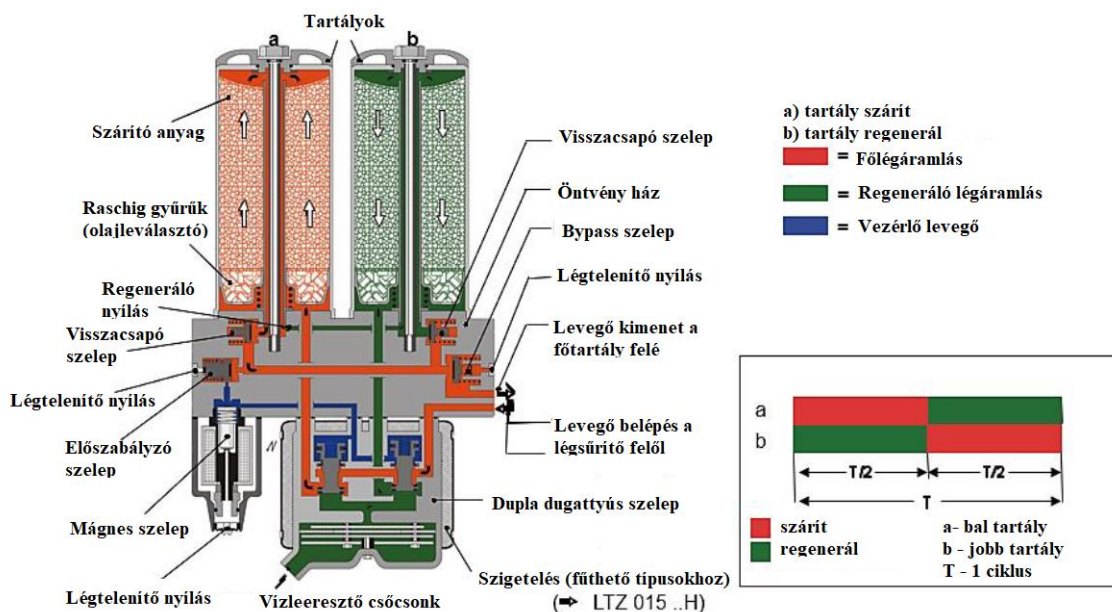


19. ábra. LTZ015...H típusú légszárítóval szerelt légellátó egység [26]

3.2.1 LTZ011-015...H légszárító egységek felépítése és működési elve

A légszárító működési elvének bemutatása előtt pár szó szükséges a fizikai folyamatáról is. A szárítóanyag (alumínium szilikát) képes ismert nagyságú molekulákat adszorpcióval megkötni. A folyamat környezeti hőmérsékleten is visszafordíthatóan működik. A sűrített levegő a tartályokon áramlik keresztül és a szárítóanyagok kristályszerkezetüknél fogva vízgőzt vonnak el az áthaladó levegőből. Méretezését tekintve a szilikát csak nagyon kis méretű vízmolekulák áthaladását teszi lehetővé, míg az olajmolekulák már nem, mert átmérőjük meghaladja a határértéket. Amennyiben mégis bejut nagyobb mennyiségű cseppformában, úgy a szárítókamrában bevonja a szárítóanyag kristályszerkezetét és lerontja a szárítás teljesítményét. [27]

Az integrált olajleválasztóval rendelkező változatoknál a levegő a légtartály leválasztóján belüli, ún. Raschig-gyűrűkön keresztül jut el. Az ismétlődő folyamat során a sűrített levegőben esetlegesen jelenlévő apró olaj- és vízcseppek a Raschig-gyűrűk felületén csapódnak ki. Itt gyűlnek össze, melyek később a gravitáció hatására a gyűjtőkamrába esnek. Ezzel nem csak a levegő páratartalmának csökkentését látja el az egység, hanem a maradék olajat is eltávolítja a rendszerből. [27]



20. ábra. LTZ015...H légszárító felépítése [27]

A 20. ábrán látható légszárító típus az egyik leggyakoribb fajta. Fontos kiemelni, hogy a folyamatos működést egy dupla dugattyús szelep szabályozza és csak akkor képes működni, ha a rendszer fel van töltve szükséges mennyiségű levegővel. A megfelelő működéshez szükség van egy ingázó nyomásra, amelynek hatására az előszabályozó szelep nyílik, így a dupla dugattyús szelep is megbízhatóan tud működni a mágnesszelepen keresztül. [27]

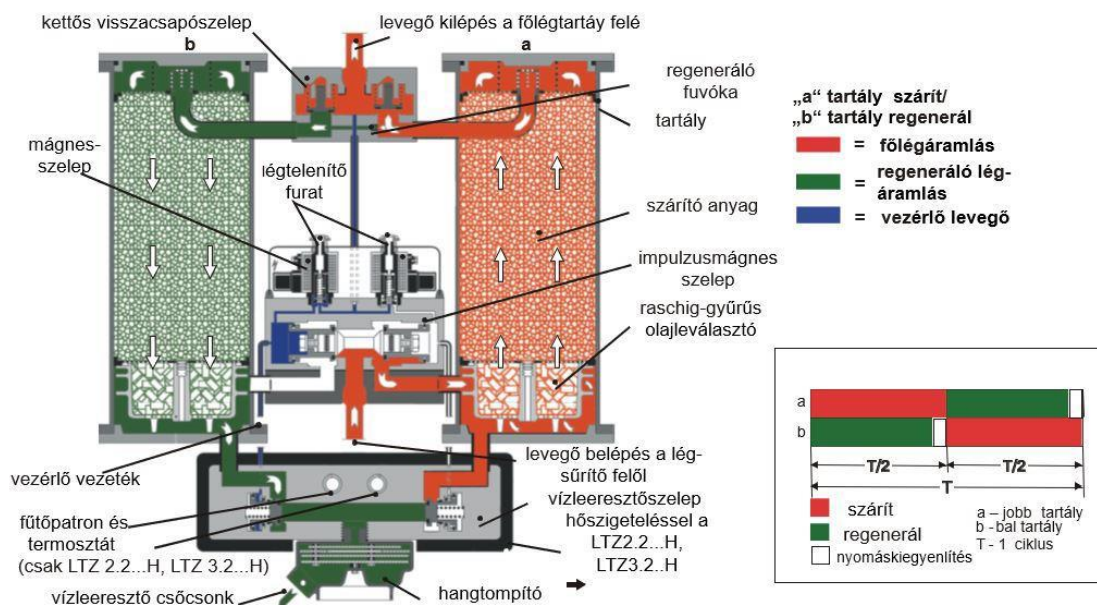
A folyamatos üzemben ennek a nyomásnak elegendőnek kell lennie, de hosszabb levegőellátás nélkül előfordulhat, hogy nem áll rendelkezésre elegendő ingázó nyomás. Az „a” oldali légtartály a nyitott szelepüléken keresztül töltődik fel és ez nyitja a visszacsapó szelepet. A túlfolyó szelep zárva tartja a szelepüléket, amíg nem keletkezik elég nyomás. Ezt követően az előszabályozó szelep újra nyílik és az ingázó nyomást a mágnesszelepre küldi. Az aktivált mágnesszelep azt jelenti, hogy ezzel az „a” tartály szárítási fázisban, a „b” tartály pedig regenerálási fázisban van. Kikapcsolt mágnesszelepnél a szerepek felcserélődnek. A regenerációs fázis azzal magyarázható, hogy az „a” tartályban lévő szárított sűrített levegő egy része a visszacsapó szelep előtt van elterelve a regeneráló nyíláson, majd áthalad a szárítóanyagon a „b” tartályba. Ez a regenerációs levegő vonja ki a nedvességet a „b” tartályban lévő szárítóanyagból. A keletkező kondenzátumot és regenerációs levegőt a légtelenítő nyíláson fújja ki az egység a nyitott szelepüléken keresztül. [27]

Fontos tudni, hogy a felépítés alapján a dugattyús szelepek mindig ellentétesen működnek. Amennyiben az egyik nyitva van, akkor a másik szelepnek zárnia kell a folyamatos üzemhez. Ezenfelül a legtöbb légtartályon nyomáskapcsoló is van, amely az üzemállapotot mutatja. Például, ha az „a” tartály nyomás alatt van, akkor a nyomáskapcsoló érintkezője zár, ha pedig nincs nyomással töltve, az érintkező nyit. A bemeneti jelet egy vezérlőrendszer értékeli ki, mely alapján a mágnesszelep és a tartályok közötti ingadozás szabályozásával kimeneti jelet állít elő.

3.2.2 LTZ1-3...H légszárító egységek felépítése és működési elve

Az előző fejezetben részletezett típushoz képest meglehetősen egyszerű a szerkezeti változások ismertetése, hiszen a légtartályok kialakítása, a különböző impulzus mágnesszelep vagy az elkülönített leeresztő szelep nagyon szembetűnőek. Másrésről az alapvető működési elv nagyon hasonló, apró változásokkal a megvalósításban.

Itt a kompresszorból bejövő levegő az „a” tartályba juthat, a mágnesszelep által vezérelt mágnesimpulzus szelep állapotának megfelelően. A légszárító áramkörébe szerelt vezérlőkártya egyidejűleg kapcsol a kompresszor bejövő jelével. Ennek köszönhetően szabályozza a mágnesszelepek be és ki idejét, ami lehetővé teszi a folyamatos működést és a tartályok közötti váltásokat. Általában a fő különbség az említett két típus között a páraelnyelőképességben, illetve a szárítási és regenerációs fázis ciklusidőztetésében rejlik. A nagyobb tartályos kivitel esetén jóval több a szárítóanyag mennyisége és nagyobb kapacitása miatt gyakrabban alkalmazzák nagy térfogatú kompresszorok esetében. [28]



21. ábra. LTZ1-3...H típusú légszárító egység felépítése [16]

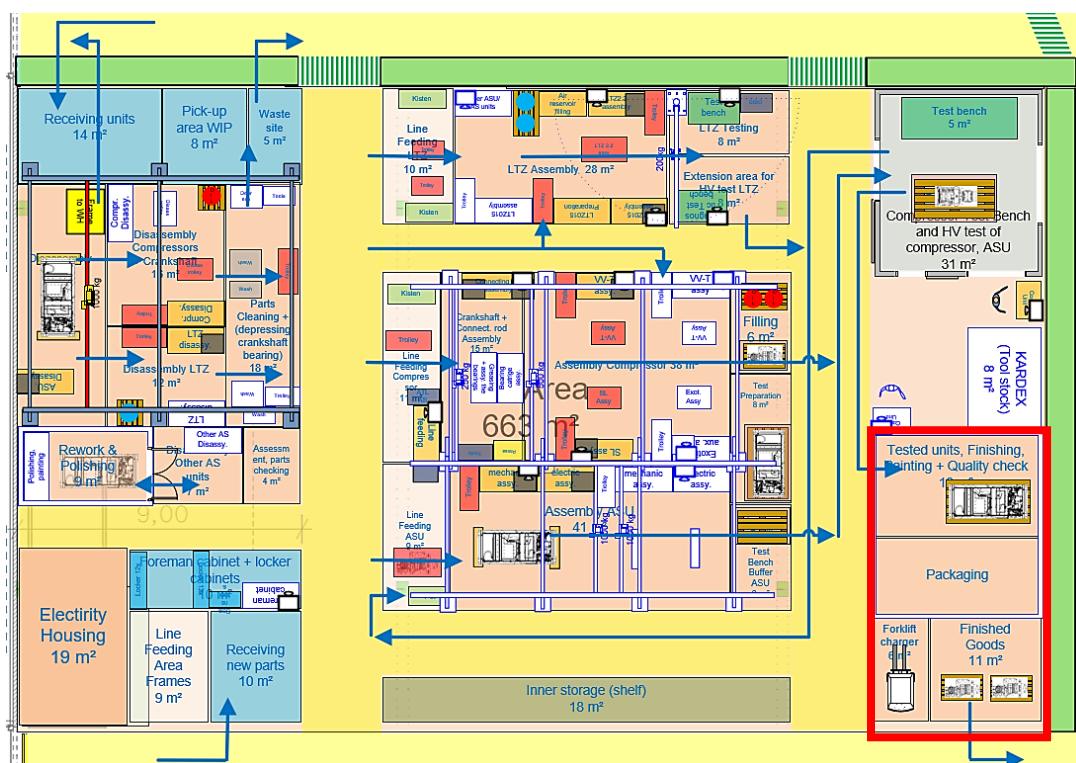
4. A szervizterület folyamatainak ismertetése, felülvizsgálata.

4.1 Kiinduló állapot felmérése, a jelenleg érvényes elrendezés bemutatása

A légellátó szervizterület az alábbi területekre oszlik fel:

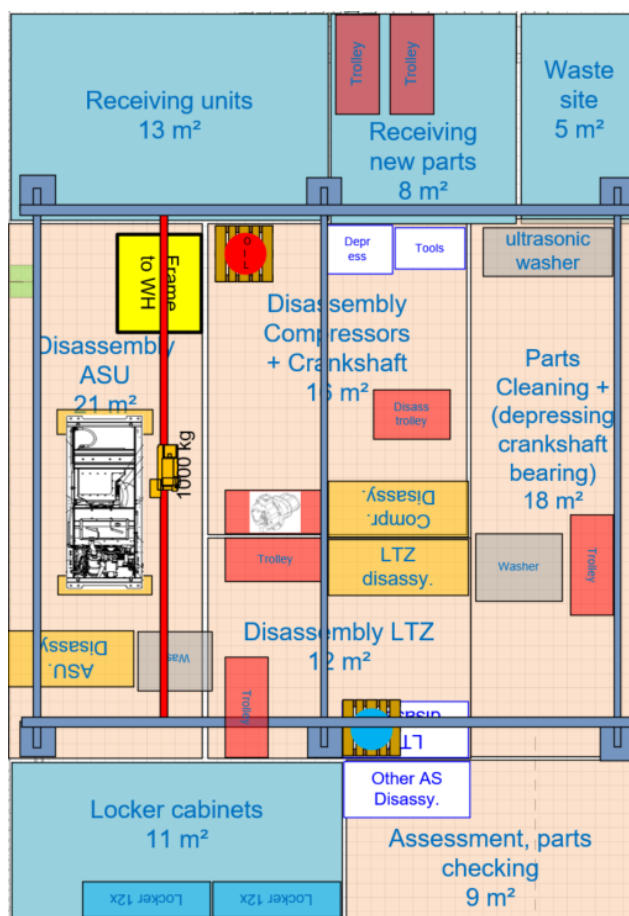
- Szétszerelés
- Utómunka
- Légszárító egység összeszerelés
- SL és VV/VV-T kompresszor összeszerelés
- Légellátó egység összeszerelés
- Tesztkabin
- OSS (régí csomagolás, kész termékek területe), azaz nem Knorr-os egységek felújítási területe.

Az alábbi képen látható elrendezés szemlélteti a légellátó szervizterületet, nyilakkal ábrázolva az anyagáramlását. A felsorolásban is említett OSS terület még nem került módosításra az alaprajzon, de ez egy későbbi pontban kerül részletezésre.



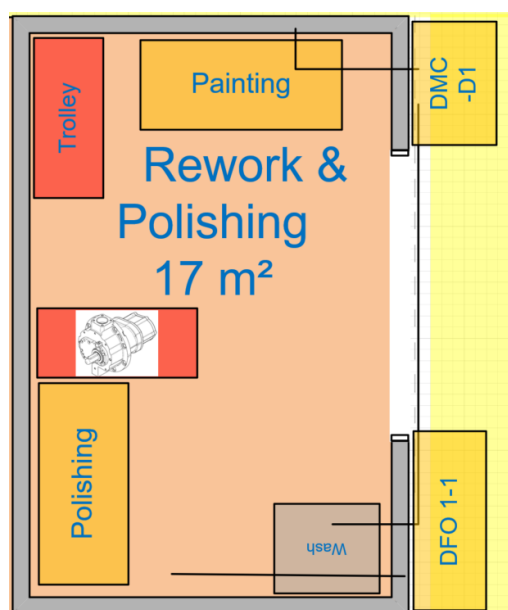
22. ábra. Légellátó szervizterület

Általánosan elmondható, hogy minden beérkező egység a beazonosítás és az előmosás után a szétszerelési állomásra érkezik. A terület nem követel akkora tisztaságot és fegyelmet, mint az ezt követő állomások, mivel a bontás kosszal jár. A terület univerzális szerszámokkal van felszerelve a minél szélesebb termékpaletta érkezésének fogadására. A szereldébe megfigyelhető anyagáramlás a fogadó egységek területéről indul (22. ábra). Attól függően, hogy milyen termék felújításáról van szó, annak kiépített helyére kerül át a bontásra váró egység. Minden csoportnak külön munkaállomás áll rendelkezésre, ezáltal egy komplett légellátó egység beérkezése esetén is minden állás párhuzamosan tud dolgozni. A szerelés során felszabadult alkatrészeket polcos kocsin tárolják, azonosítóval ellátva és biztosítva az egydarabos áramlást. A szétbontott egység a területen lévő forgókosaras mosóba vagy pedig az ultrahangos kádba helyezve kerül tisztításra.



23. ábra. Szétszerelő terület

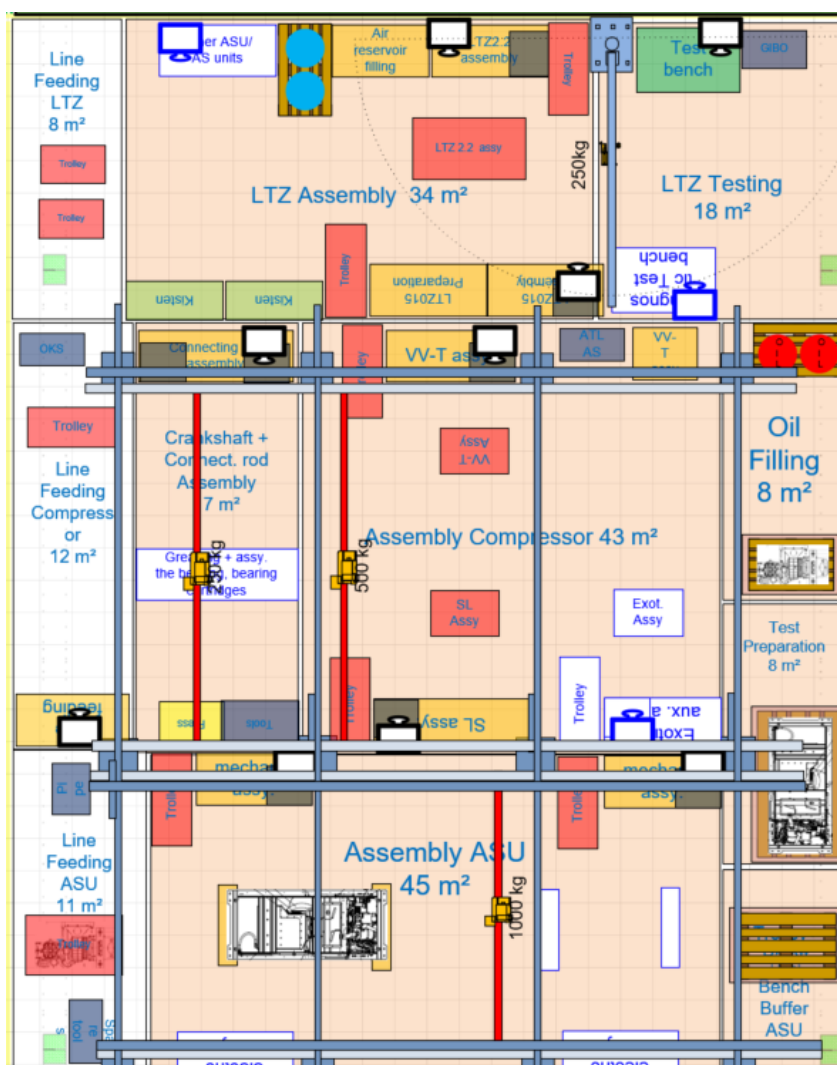
Az utómunka terület nem mindennapos használatban van jelenleg, de a folyamatosan növekvő igények és az egyre szélesebb körű termékpaletta szervizelése mellett nem kizárható a folyamatos használata. A terület egy szalagfüggönyös bejárattal elkülönített kabin gyakorlatilag a szétszerelő szerelde mellett. Egy elszívó berendezés is megtalálható a kabinba, egy kisebb forgókosaras mosó mellett. Használatos festésre, polírozásra, csiszolásra és szigetelő anyag eltávolítására vegyi anyagokkal.



24. ábra. Utómunka terület

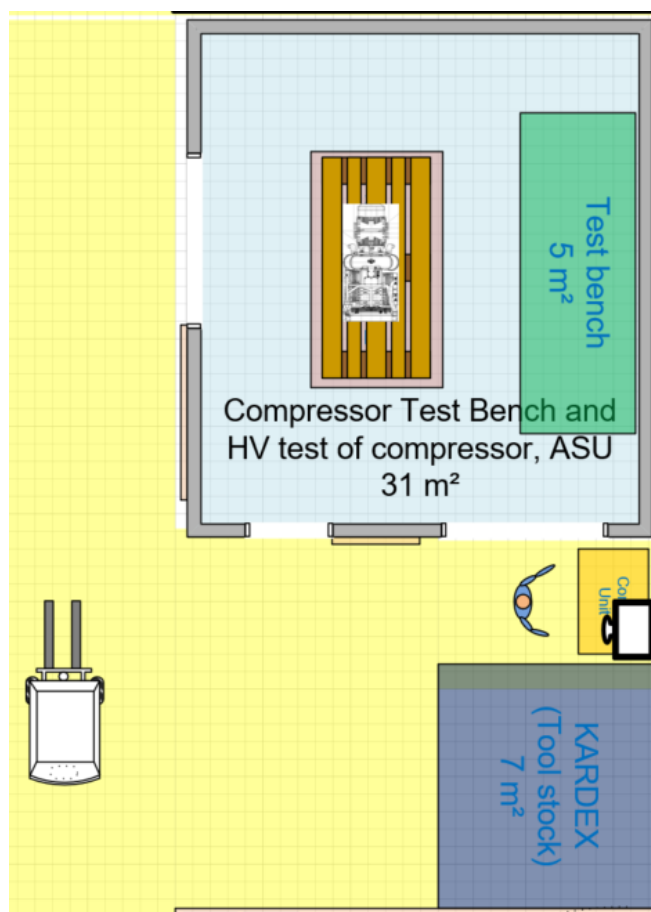
Például a kondenz-gyűjtő tartályok CELLO LSLT hőszigetelő habbal lettek szigetelve gyártásukkor. A vevő kérésre újra kellett gondolni a problémát és egy korábban alkalmazott szigetelést, a kemény PUR-hab felragasztását rendelték el. A szervizbe beérkezett egységeken ellátott cserét az utómunka kabinba tökéletesen lehetett végezni az erős vegyszer miatt, természetesen az előírt védőfelszerelések alkalmazásával.

A szétszerelés és utómunka területek után a következik az összeszerelés. A következő szerelőállások együttesen kerülnek szemléltetésre. Ugyan különböző termékcsoportokat szervizelnek a három darab álláson, de lényegében ugyanazon mechanikus és elektromos elő-, -fő és végszerelése zajlik az összes szerelőálláson. A területek elhatárolva vannak kialakítva, kavarodás nem lehetséges más termékcsoportokkal. Anyagáramlási szempontból is megfelelő kialakítással rendelkezik, mert a szétszerelésről érkező anyagok útja folyamatosan halad a tesztkábin felé. Minden sor utolsó állomása gyakorlatilag a főszerelés, míg az eleje a részegység előszerelése (pl.: olajos dugattyús kompresszor forgattyús tengelye). A légszárító egységek tesztelése egyedüli a többi termékhez képest, mert ezen termékek tesztelése a sor végén valósul meg.



25. ábra. Összeszerelő terület

A felújítási lépéseket követve a készre szerelt egységek (kivéve a légszárítók) útja az eladás előtt a tesztkabinba vezetnek. Ez egy nagyon fontos része a területnek, ugyanis afféle visszaigazolásként is felfogható az elvégzett munka milyenségéről. Minden egység rendelkezik teszt utasítással, ami szerint az összeszerelt terméket tesztelni kell elektromosan (amennyiben rendelkezik elektromos kötéssel) vagy funkcionálisan. A tesztelést végző személy a kész egységet funkciótesztre előkészíti a hő- és nyomásszenzorokkal, majd a paddal összecsatlakoztatja (motor kábel, funkciókábel és levegő nyomás stb.). Az itt megfelelt kompresszorok vagy légellátó egységek kerülhetnek eladásra. Az alábbi képen látható Kardex, azaz páternoszter egy vertikálisan működő, zárt raktárrendszer. A tesztpadhoz jelenleg minden tesztberendezés ennek a rendszernek a polcain helyezkedik el.



26. ábra. Tesztpad és páternoszter

4.2 A területet érintő változások

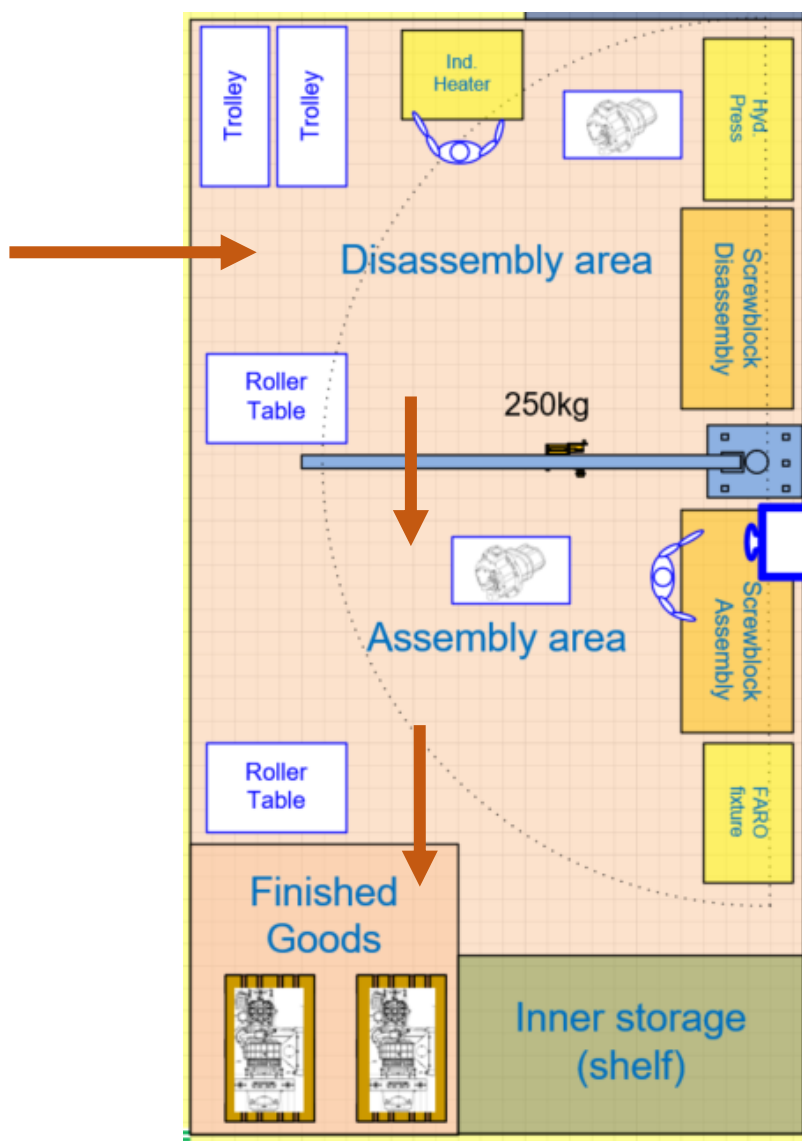
A korábbi fejezetben nem került kifejtésre a csomagolás és eladásra váró termékek területe. Az elmúlt évben a Szervizközpont elvált egy úgynevezett OSS (One Stop Shop) projekteket, ami a nem hivatalosan Knorr-os kompresszorok és léggelátó egységek felújítását takarja. Az új terület elrendezése sajnos nem került alapos átgondolás alá, illetve a felújítási kapacitásukat tekintve rengeteg hasznos tér maradt kihasználatlan.

A területet érintő változásokat a csavarkompresszorok növekvő felújítási igénye miatt érdemes átgondolni. A kompresszorban található csavarblokkot (a későbbi fejezetekben részletesen kifejtésre kerül) a jövő évtől szeretné a terület önállóan felújítani. Az OSS területtel is összevethető elrendezés megvalósítása minden szempontból előnyösebb lehet. Tekintve, hogy az eddig felújított termékek is csavarkompresszorok voltak. A felújítás egy átgondolt folyamatot és kialakítást követve sokkal kényelmesebbé válik. Az alábbi képen látható a terület jelenlegi állapota.



27. ábra. OSS szervizterület

A 27. ábrán látható polcrendszer a közlekedő út felé való befordításával hasznos teret lehetne nyerni az alapból sem túl nagy alapterülettel rendelkező szereldébe. Egy szervezett, rendszerszerű terület kialakításával a gombok, polcos kocsik és egyéb elrendezések is helyet találnának a területen. A jelenlegi álláson nincs kifejezetten anyagáramlási minta, se szét- és összeszerelési folyamat kialakítva. A hosszútávú cél az OSS és a légellátó egység szereldei területe között az átlátható, közös munkakörnyezet megteremtése, illetve a csavarkompresszorokba épülő blokkok felújítása. Az alábbi elrendezés a rotorblokk felújítását veszi szem elé, de nem zárja ki a nem Knorr-os termékek felújítását sem.



28. ábra. Csavarblokk felújítási elrendezés

5. Meglévő folyamatok javítása a hatékonyság növelés érdekében.

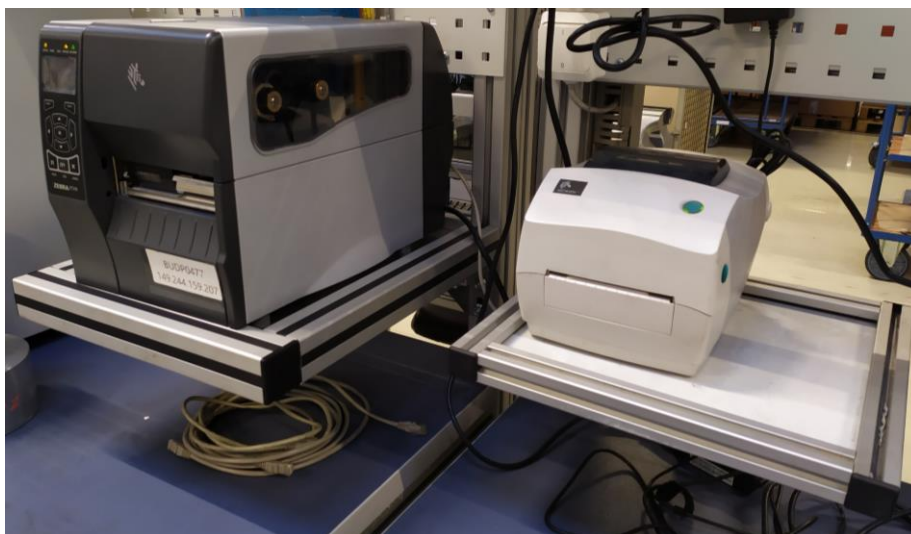
5.1 Kísérőlap bevezetése

A szereldében történő folyamatok követése érdekében, az új gyártás mintájára, de tartalmilag valamelyest eltérő, úgynevezett kísérőlap került bevezetésre (1. számú melléklet). Ez a formanyomtatvány lényegében azt a célt szolgálja, hogy egy beérkező egység teljes folyamatát végig kíséri amíg a szervizközpont területén van, a vevőhöz való visszaszállításig. Például, ha egy légszárító egység felújításra érkezik, akkor a minőségügyi osztály a beazonosítást követően összeköti az egység cikkszámát, szériaszámát és a látottakat a cég vállalat irányítás rendszerében. A minőségügy visszaigazolja a logisztika számára a beérkezést. Az előzetes információk alapján már korábban megszületik a légszárító felújítására egy úgynevezett alaplista, amit a folyamatmérnök hoz létre. Az alaplista tartalmazza a termék művelettervét és az összes cserélendő alkatrészt. A logisztikus beütemezi a szereldébe a légszárító felújítását. Ezzel együtt kerül kiadásra a kísérőlap, ami az egységet szorosán kíséri végig a szereldében történő elhelyezésétől kezdve.



29. ábra. VV270-T kompresszor kísérőlappal funkciótesztre várva

A dokumentumhoz egy címkenyomtatóval előállításra kerül egy vonalkód is. A nyomtatványon minden azonosításhoz szükséges információ megtalálható a szereldei dolgozók számára, mint például az egység neve, típusa, cikkszáma, szériaszáma, verziója, rajzszámai és mérési utasítás száma. A szétszerelés és a vizuális ellenőrzés során minden olyan alkatrészt, ami szériaszámmal, sorszámmal vagy gyártási évjáráttal szerepel, azt rögzíteni kell a lapon. Erre azért van szükség, mert az esetleges reklamációk elkerülhetőek vele a jövőben. Példának okáért, ha az üzemeltető felújítás után valamilyen meghibásodás miatt megbontja a légszárítót és a mágnesszelepet önállóan kicseréli egy másikra, az egység lehet üzemképes lesz, de nem hozza az elvárt értékeket. Később a garanciával élve megpróbál reklamálni a vevő, de a visszaküldött egységen fellelhető a változás és a rendszerbe feltöltött kísérőlap igazolja, hogy a nemrég felújított termék nem ez a mágnesszelep épült a felújított egységbe.



30. ábra. Címkenyomtató a területen

A kísérőlap másik oszlopában manuálisan rögzíteni kell az olyan alkatrészeket, amelyekről a szétszerelés során derülnek ki, hogy nem felhasználható az összeszerelés során. Lehetnek ezek a problémák akár hajszálrepedések, deformációk, de hiányzó darabok is. Az extra alkatrészigényeket jelezni kell a folyamatmérnök és a logisztika irányába is.

A mérési állomásokat tartalmazó rész minden egységre más és más elemeket tartalmaz. A folyamatokat teljesítő személyek, az egyedi azonosítóval ellátott pecsételővel igazolják, egyben a felelősséget is vállalják az elvégzett munka iránt. Az ellenőrző oszlopba annak a bélyegzője kerül, aki egy befejezett folyamatot átvett, ezzel érvényesítve a négyszem elv módszerét, miszerint le ellenőrzi a munkatársa által elvégzett munkát. Minden folyamatot nem végezhet minden szerelő, ugyanis egyes egységek elektromos kötése, krimpelése vagy a termék funkciótesztje oktatást igényel. Csakugyan érvényes ez a nyomatékkulcsok használatára is. Az összeszerelés során az egységhez tartozó rajzon található nyomatékértékekre kell meghúzza a kötőelemeket, csavarkötéseket. A területen használatos Atlas Copco márkájú, digitális nyomatékkulcsok rendelkeznek nyomon követhetőségi rendszerrel, azaz képes vonalkód olvasásra is. A szerelést végző személy a nyomatékra húzáskor köteles beolvasni a kísérőlaphoz kapott vonalkódot, ezzel a nyomatékkulcs a saját belső memóriájába tárolja a nyomatékértékeket. Ez azért is fontos lépés, mert egy reklamáció során a vonalkódnak köszönhetően eltárolt értékeket vissza lehet ellenőrizni és utólag igazolhatóvá válik a nyomatékra húzás megfelelősége, a munkát végző személy és eszköz.



31. ábra. Vonalkód beolvasása

A kísérőlap tovább tartalmazza az olyan alapvető információkat a szervizelt egységgel kapcsolatban, mint például, hogy felújításra érkezett, átépítésre, javításra vagy reklamációra a termék, illetve a futó projekt nevét is jelöli. Végezetül elmondható, hogy a teljes folyamat végén, a lap digitális formában rögzítésre kerül az SAP rendszerbe, ahol a termék adatlapjáról bármikor ellenőrizhető, hogy mi történt a szervizelés során az egységgel. A jelenlegi rendszerben ez egy kifogástalan kiegészítő, mely a szervizterméken dolgozó összes ember munkáját támogatja.

5.2 Miért van szükség a csavarblokk felújítására

A területen megfigyelhető növekvő csavarkompresszor felújítási igények eredményeként, az SL20-as típusú csavarblokk felújítására vezetői döntés született. Ennek értelmében alapos átvizsgáláson esett át a folyamat és a terület egyaránt, hogy milyen készülékek, szerszámok és berendezések szükségesek egy ilyen projekt teljesítésére.

A Knorr-Bremse jóvoltából kb. 25.000 csavarblokk üzemel szerte a világban. Így kijelenthető, hogy a csavarblokk felújításának nagy piaca van. A Knorr-Bremse-nél az európai szintén jelenleg csak Berlin és egy kisebb társtelephely, Siegenburg újít fel blokkokat. Ahhoz, hogy a budapesti telephelyen is megvalósuljon a folyamat, egy két napos oktatáson kellett részt venni Németországban. A folyamat megkezdéséhez és felépítéséhez hasznos perspektívát kaptam és pozitív tapasztalatokkal gazdagodtam.

A légellátó szervizterület hároméves működése alapján elmondható, hogy az elmúlt évben robbanásszerűen növekedtek a csavarkompresszor felújítási projektek.

Az eddigi tapasztalatok alapján az alábbi tényeket és megállapításokat lehet megtenni:

- 6 darab csavarblokk lett kiküldve felújítási munkákra a berlini társgyárba
- 27 darab kompresszor felújítása során új csavarblokk került visszaszerelésre
- harmadfélnek küldött csavarblokk felújítási ára hozzávetőlegesen 1.000 euró értékű
- egy új csavarblokk mozgó átlagára kb. 1.200 euróba kerül
- előtervezések alapján az alkatrészek ára 294,31 euró és 25,32 euró óránkénti munkadíjba kerülne a szervizterületen a felújítás
- egy csavarblokk felújítási ideje megközelítőleg 280 percet vesz igénybe

A becslések alapján a szervizközpont számára 412,47 euróba kerülne egy rotorblokk felújítása. Természetesen a fejezet nem tartalmaz részletes kimutatásokat, hogy a jövőben hány darab SL típusú kompresszor várható felújításra, de mindenképp érdekes lehetőségeket hordoz magával a technológia. Egyrészt a partnerek felé drasztikusan csökkenhetnek az átfutási idők azáltal, hogy nem kell a harmadfél átfutási idejére, illetve a szállítási pontosságra hagyatkozni.

Másrészt a szükséges eszközökre és készülékekre való beruházással megszüntethető a területen jegyzett csavarblokk cserekészlete. A készlet megszüntetésével tovább csökkenthető a raktárkészlet értéke, és az összköltség is tovább csökken egészen gyárszinten is.

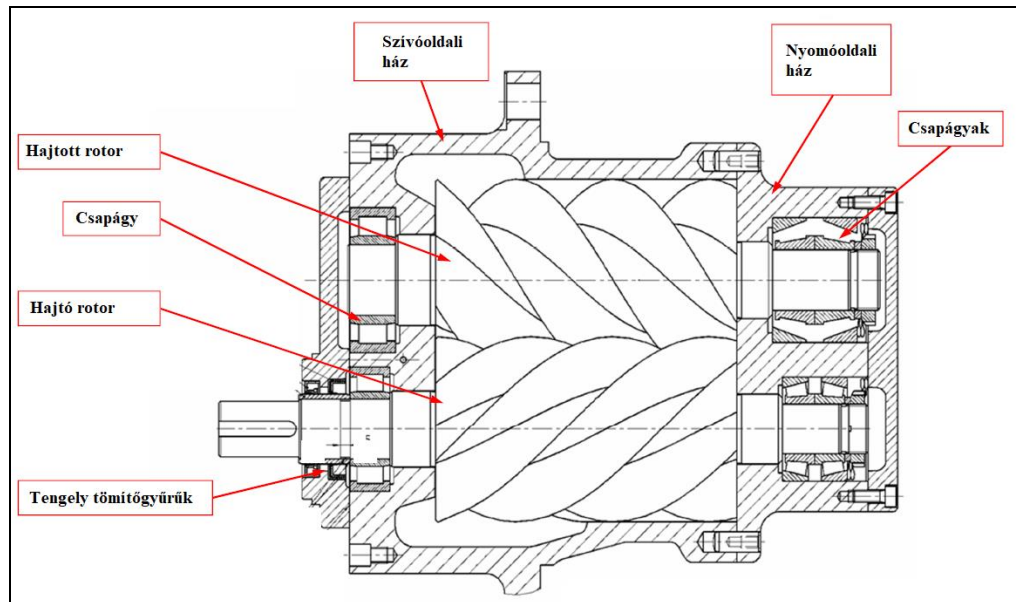


32. ábra. Csavarblokk cserekészlet a területen

6. Új technológiák bevezetése a felújítás folyamatába.

6.1 Csavarblokk felépítése

A csavarblokk felépítése nem mondható a legbonyolultabb egységnek a légellátó termékcsoporton belül, de mégis sokkal összetettebb a felújítás menete más egységekhez képest. Példának okáért az olajos kompresszorok forgattyús házának felújítása jelentősen kisebb erőforrást igényel. Alább a rotorblokk legfőbb elemeit bemutató metszeti kép látható.



33. ábra. SL20 csavarblokk felépítése [19]

Az iparban megtalálható csavarkompresszorok léteznek olajos és olajmentes blokkokkal is szerelve, viszont a Knorr-Bremse-nél csak olajkenéssel működő rotorblokkokat forgalmaznak.

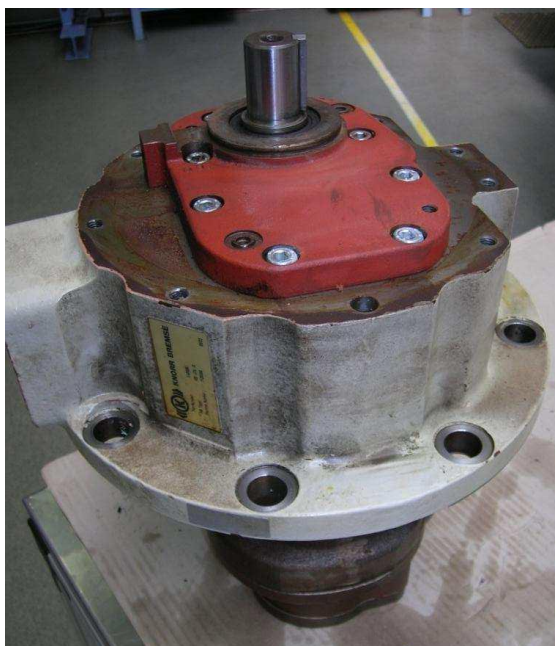
A csavarkompresszor működési elve már a 3. fejezetben részletesen ismertetve lett, ezért ebben a fejezetben a blokk fő komponenseinek szemléltetése elegendőnek bizonyul a felújítás során használatos kifejezések megismeréséhez.

6.2 Csavarblokk felújításának menete

A csavarblokk felújítása egy speciális folyamatnak számít, mert különböző feltételeknek kell megfelelni a szétszerelés, csiszolás-polírozás és összeszerelés során (2. számú melléklet). A szerszámozottsága, illetve a készülékek tekintetében is több szempontot kell figyelembe venni. Alapvetően már a súlyából kiindulva sem egy egyszerű szerkezet, amit daru használata nélkül nem lehet forgatni. Tömegük a szerkezeti felépítésüktől függően 45 és 50 kg között helyezkedik el. Ezen felül szét- és összeszereléshez is forgatni kell a csavarblokkot szívó, illetve nyomóoldalon való szereléshez. A bontott egységet hidraulikus prés alá is be kell helyezni, illetve összeszereléskor a rotorok axiális és radiális beállításához is fel kell tenni egy speciális asztalra a blokk egy részét.

A felújítási folyamat három fő csoportra tagolható és a dolgozat további részében egyenként kerül részletezésre a folyamat:

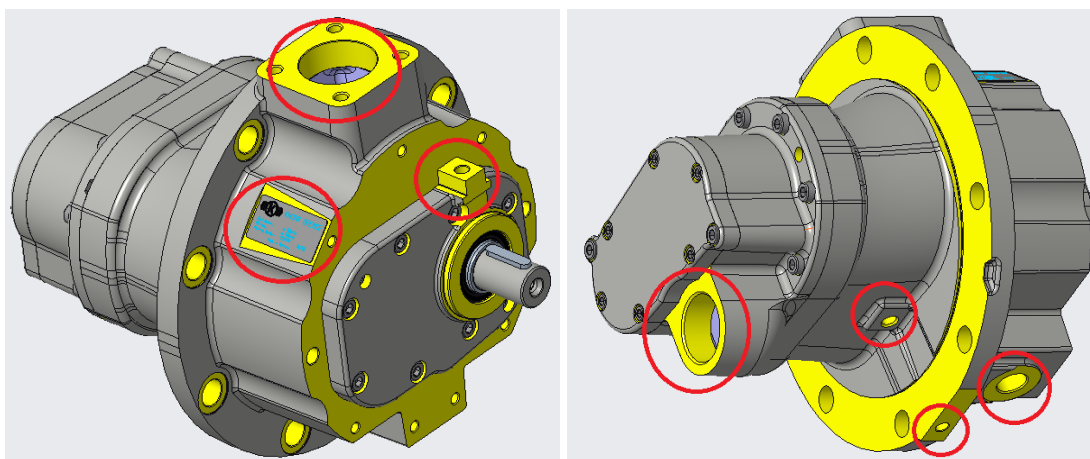
1. Szétszerelés
2. Utómunka (polírozás, csiszolás, mosás)
3. Összeszerelés (rotorpár beállítása, készre szerelés)



34. ábra. Felújításra váró csavarblokk.

6.2.1 Szétszerelés

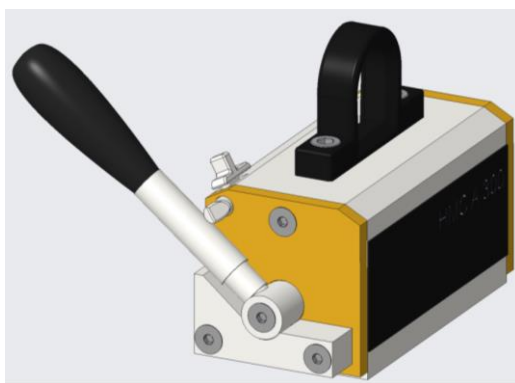
A csavarblokk ezen folyamathoz kétféleképpen juthat el. A vevő vagy már az önálló blokkot küldi el a Szervizközpont számára, vagy a felújításra kapott csavarkompresszor szétszerelési folyamatakor kerül feldolgozásra. Utóbbi lehetőségre a szerviz életében több alkalommal fog sor kerülni, mert jelenleg is több SL típusú kompresszor felújítása van terítéken a szereldébe. Mindenekelőtt szükséges a beazonosítást is elvégezni, ahol egy vizuális vizsgálaton is átesik a termék, miközben azonosításra kerül a típustábla (vagy annak hiánya), csatlakozó nyílások. és olajfuratok.



35. ábra. Beazonosítandó részek

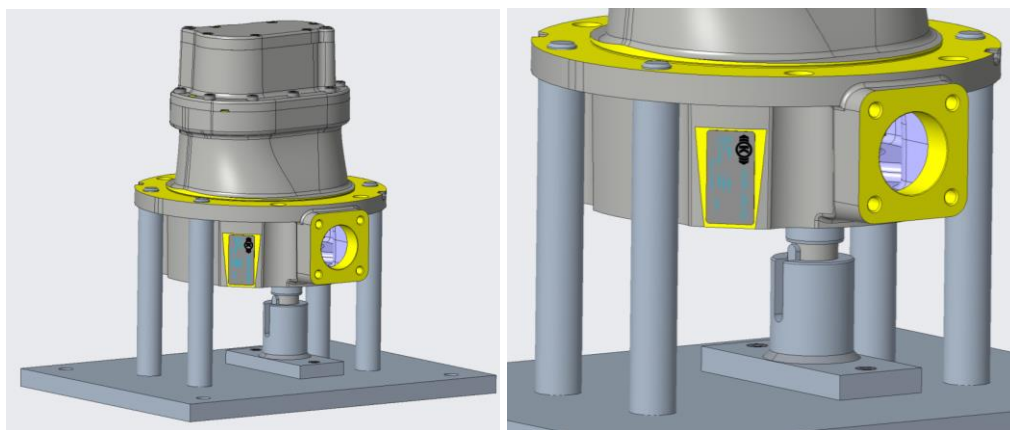
A blokk darabjaira szedése és azok állapotfelmérése a cél. Fontos megemlíteni, hogy amennyiben a szívó és a nyomóoldali házakon, illetve a forgórészen nem található olyan sérülés, amely kizárná a további felhasználást, akkor ez a két elem egy olyan tárolóba kerül, ami ezután utómunkára mehet. Esetleges sérülés esetén, ha az említett részek közül egy vagy több nem használható tovább, úgy a blokk minden részét egyben kell kezelni és értesíteni az ügyfelet, hogy döntést hozzon a felújítás folytatásáról. A hibás alkatrészeket a legtöbb esetben fényképpel kell igazolni és a döntés megszületése után se feltétlen lehet a fémhulladékba helyezni, mert a vevő igényt tarthat rá.

A szétszerelési területen egy híddaru áll rendelkezésre 25 kg-nál nehezebb elemek mozgatásához. A csavarblokk emeléséhez elsősorban szükség van egy mágneses emelőre. Az emelő egy mágneses teret képes létrehozni, amit be- és kikapcsolni a kar elfordításával lehet. A biztonságos munkavégzést egy biztosító retesz támogatja a kar bekapcsolt állapotába tolva. A daru és az emelőmágnes közötti kapcsolatot a függesztőláncre szerelt forgófejes karabiner látja el.



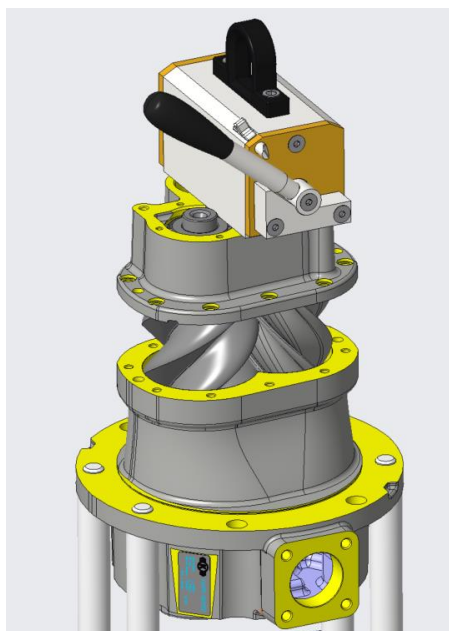
36. ábra. Emelőmágnes

A csavarblokkot a nyomóoldal felőli zárófedél, rugók és távtartók eltávolítása után egy erre tervezett készülékbe kell helyezni, aminek funkciója, hogy a csavarok kilazításához és eltávolításához megfelelő stabilitást eredményezzen. Ehhez elengedhetetlen, hogy szerelőasztalhoz legyen rögzítve az alaplappja. A rotor végekre csavart menetes körmös anyag lelazításához muszáj ellentartást biztosítani, hogy a rotor ne forogjon, ezért a tengely vége egy erre kialakított részen van megvezetve. A retesz itt befészkelődik a kimarásba, ami oldáskor gátolja az elfordulást.



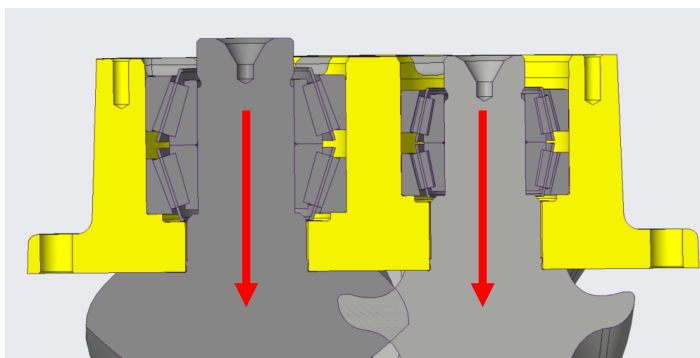
37. ábra. Szétszerelő készülék

A szívóoldal felőli fedél, a ház rögzítő csavarjai és a körmös anyák eltávolítása után az emelőmágnes segítségével kiemelhető a fő házból a két rotor az alábbi módon.



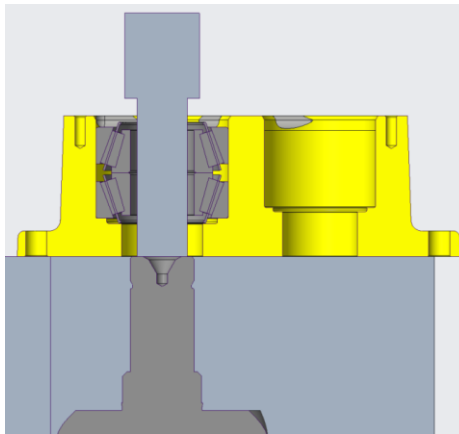
38. ábra. Illusztráció a mágneses emelő használatához.

Ahhoz, hogy a rotorpárt kiszereljük a szívóoldali ház részéből, hidraulikus présre van szükség. A szervizerület szétszerelési részén elérhető hidraulikus prés 30 tonna kapacitású, befoglaló méretei nem engedik meg, hogy egy gurulós, állítható magasságú szerviz kocsi a prés dolgozó szélességébe beálljon, ezért egy nagyobb befoglaló méretekkel rendelkező prés használata indokolt. A 4. fejezetben bemutatott csavarblokk felújításához kialakított területen már egy nagyobb munkatérrel rendelkező prés fog rendelkezésre állni.



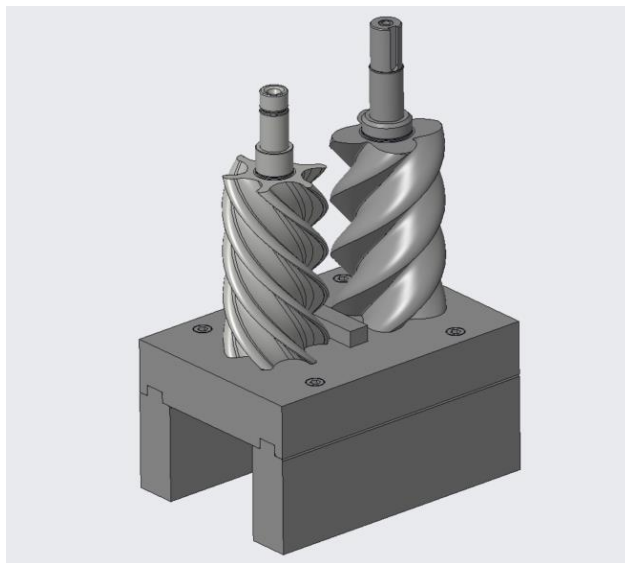
39. ábra. Préselés

A préseléshez szükség lesz a két tengely átmérőjéhez alkalmas présszerszámmra. A mellék rotor vége egy síkba esik a házzal, a ház magassága pedig 66 mm. A fő rotor 6 mm-el ér túl a ház síkjától. A tengelyvégek átmérői között 5 mm a különbség, a központfuratok pedig ugyanazon méretekkel rendelkezzen, így elég a két darab préseléséhez egy célszerszám. Az alábbi ábrán látható a folyamat kivitelezése.



40. ábra. Célszerszám a préseléshez.

A rotorokat a csavarblokkból való kiserelése után egy biztonságos és stabil környezetben kell tárolni, ügyelve arra, hogy véletlen se érje sérülés a szerviz részéről. Ezért egy erre kialakított polimer tartóba kell helyezni mindkét darabot a további felhasználásig.



41. ábra. Rotor tartóbak

A fő komponensek szétszerelése és ellenőrzése után az egyes alkatrészek is kisebb tisztítás és vizsgálat alá esnek. Ahogy már a fejezet elején említettem, a csavarblokk szétszerelése után meg kell győződni a fő komponensek állapotáról. Az alábbi képen egy nem felújítható csavarblokk részei láthatóak. A selejtezés kiváltó oka az volt, hogy a radiális hézagokat nem sikerült jól beállítani, ezért a rotor beleért a ház belső futófelületébe, ami nyomot hagyott a hengeres felületen, illetve a rotor spirálmenetét elcsorbította.



42. ábra. Sérült elemek

A csavarblokk elemeinek kiértékelését a szétszerelő személynek jegyzőkönyvbe venni és ez alapján dönteni egyes elemek további felhasználásáról. A felújítása kétféle kimenetellel végezhető:

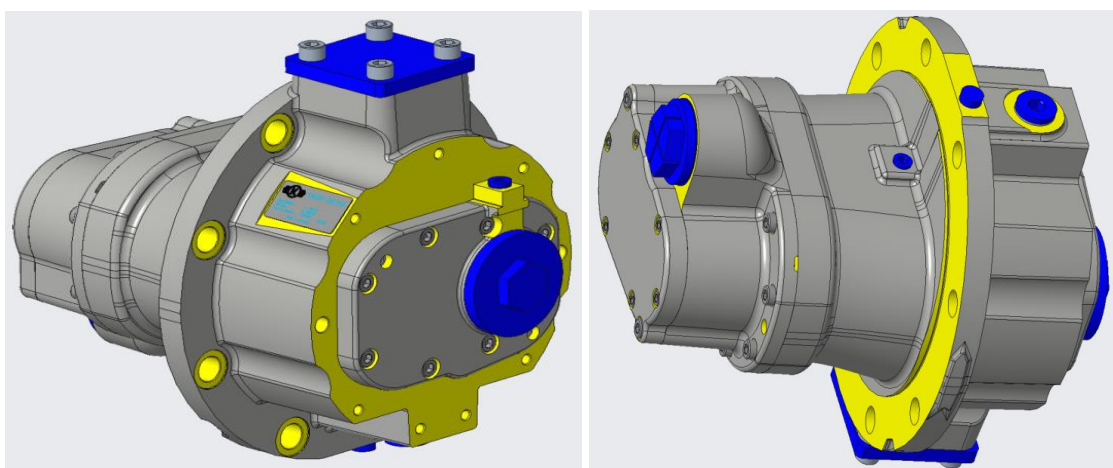
- szabványos nagyjavítás
- szabványos nagyjavítás nem lehetséges (sérült a 4 elem közül legalább az egyik).

A szétszerelési folyamat a szükséges dokumentációk elkészítésével véget is ért. A továbbiakat nagyban befolyásolja az ellenőrzési folyamat végeredménye.

6.2.2 Komponenseinek tisztítása, mosása és előkészítése

A csavarblokk szétszerelése és alkatrészeinek minősítése után kihagyhatatlan folyamat a tisztítás, felületkezelés. Az előregedett festékréteget és egyéb szennyeződések el kell távolítani, ha a vevői igények ezt konkrétan megkövetelik vagy úgy ítéli meg a szerviz. A csavarblokkot minden esetben fel kell készíteni erre a lépésre, ami azt jelenti, hogy óvni kell a bejövő és kijövő nyílásait, furatait. Semmiképpen sem juthat szennyeződés vagy szemcse a tisztítás során a fő csavarblokk házba és a blokk egyes járataiba. A Knorr-Bremse-nél alkalmazott tisztítási formák közül jelenleg a homokszórás lehet a legideálisabb választás. A cég nem rég ruházott be egy szárazjeges tisztító berendezésre is, aminek a beüzemelése még folyamatban van. Ezt a kétféle tisztítási formát ismertetném a csavarblokk felületének takarítására.

Az előkészületek a tisztításra azzal kezdődnek, hogy a házrészeket össze kell szerelni. A szívóoldali házat és fedelet össze kell csavarozni a nyomóoldali házzal és fedelével. Ezt követően azon felületeket, amik a ház belső nyílásaiba vezetnek, le kell fedni záródugókkal, lemezekkel. Az alábbi ábrán jól látható (kék részek), hogy mely járatokat szükséges védelemmel ellátni.



43. ábra. Végzárók a tisztításhoz

A homokszórás vagy másnéven homokfűvás egy szemcseszórásos eljárás és, mint már korábban is említettem a felületek tisztítására, festékmарadványok eltávolítására vagy rozsdátlanításra alkalmas. Ezen technológia során különböző finomságú anyagokkal tisztítható az adott felület. A homokszórás kismértékben befolyásolhatja a felületminőséget is, függően attól, hogy milyen adalékanyagot választ hozzá a kezelő. A folyamat egyfajta koptató hatást kelt, így a feltapadt szennyeződések és idegen anyagok könnyedén eltávolíthatóak. [29]

A cégnél rendelkezésre álló homokoló kabinok közül csak az egyik alkalmas a csavarblokk fogadására a befoglaló méreteiből adódóan. Az itt található berendezés egy sűrített levegős homokszóró, mely egy kompresszornak köszönhetően juttatja el a szemcséket a felületre. A gépről általánosan elmondható, hogy egy forgatóasztallal rendelkezik a munkatérben a kényelmesebb munkavégzést segítve. A fűvókaműködtetést a pedál segítségével tudja az operátor kezelni. A dolgozó részbe való betekintést egy üveglapon keresztül lehet megtenni, miközben a munkatér egy belső világítás látja el. A gumi kesztyűk speciális bevonattal vannak ellátva a kezek védelme érdekében.



44. ábra. Homokszóró kabin

A rendelkezésre álló abrazív szóróanyagok felhasználási terület szerint vannak rendszerezve.

Szóróanyag	Öntött és szerkezeti acélok	Nemesacél	Bronz	Könnyű fémek	Fa anyagok
WGH80 acélsörét	OK	OK	NOK	NOK	NOK
CAS üveggyöngy	NOK	NOK	OK	OK	OK
GMA 80 vörösgránit	OK	OK	OK	OK	NOK

Szemcse méret és javasolt felhasználások:

- WGH80: 0,18 mm 65%; 0,125 mm 75%; (Acél, acélszerkezetek)
- CAS: 150 – 250 μ m; Könnyűfém, nemesacél, bronz, alumínium
- GMA 80: 0,2-0,6 mm 30/60 Mesh; Öntvény, acél, alumínium

A tények alapján a legideálisabb abrazív anyag a vörösgránit lesz a csavarblokk homokolásához, mert az összeszerelt ház részek egytől egyik GG25 anyagminőségű öntöttvasból készültek. A homokszórás után várhatóan, ha az operátor jól választja meg a szóróanyagot és alapos munkát végez, akkor a következő eredményre lehet számítani.



45. ábra. Szemcseszóró csavarblokk

A szárazjeges tisztítás lehetőségét is érdemes számításba venni, mert egyre elterjedtebb tisztítás formáról van szó szerte az iparban. A homokszóráshoz nagyon hasonló tisztítási módszer. A különbség abban rejlik, hogy itt nem keletkezik felesleges szennyeződés, mert a szárazjég elszublimálódik a felületet ért erős ütés hatására. A folyamat ebből kifolyólag sokkal tisztább és környezetbarátabb. Az ipar számos terület elterjedt technológia a szárazjeges mosás. A tisztítás során egy úgynevezett pelletizáló berendezés teremti elő a szárazjeget, közel rizsszem nagyságúra, de ez a felhasználási igényektől eltérő is lehet. Ezt követően magasnyomású levegővel juttatható fel a pellet a szórófejen keresztül tisztítandó felületre. A szárazjég nem más, mint a szén-dioxid - 79°C-os hőmérsékletű szilárd formája. A folyékony CO₂-t a Knorr-Bremse területén tárolják tartályban. Az alábbi képen látható a tisztítási folyamat. [30]



46. ábra. Szárazjeges tisztítási folyamat [30]

Nagyon fontos megemlíteni, hogy a szárazjég óriási előnye sok más eljárással szemben, hogy a tisztítandó felületet nem károsítja. A csavarblokk házáról elmondható, hogy a felületét érő hatások annyira nem befolyásolják, mert öntvényről van szó, de elmondható, hogyha bevált tisztítási formává válik a vállalat életében a szárazjeges tisztítás, akkor a homokszórást kiválthatja. Egy jól kialakított módszerrel hatékonyabb, környezetbarátabb és gyorsabb eljárás lehet a jövőben.

Továbbá a homokszórást és a szárazjeges tisztítást általánosan nem írja elő semmi, viszont vannak olyan esetek, amikor előfordulhat olyan is, hogy a vevő közvetlen kérésére le kell festeni a beérkezett egységet. Erre az esetre szükséges felkészülni a fejezetben bemutatott módon. A felület mosása minden más esetben elegendő a felületi szennyeződések eltávolításához.

A csavarblokk homokszórása után a folyamat következő része, hogy a homokszórt házrészt szét kell szerelni és az illesztett felületeken maradt régi ragasztóanyagot el kell távolítani a karima felületeiről. Az összegyűjtött komponenseket a területen lévő forgókosaras alkatrészmosó berendezésbe helyezve 60°C-on, kb. 10-15 perces mosást kell indítani a szennyeződések eltávolításához. Ezen értékek tapasztalati úton születtek már más légellátó egységek alkatrészének mosása után. A folyamat megismételhető, amennyiben a tisztítás nem az elvárt eredményt hozta.



47. ábra. Forgókosaras alkatrészmosó

A képen látható automata gépből a szétszerelési területen egy kisebb és egy nagyobb darab található, illetve egy ultrahangos kád. A magasnyomású berendezés oldószerral tisztít, a folyadékot pedig fűvókákon keresztül juttatja az alkatrész felületére. Ezt a fajta berendezést a nagyobb méretű alkatrészek mosására fejlesztették és a csavarblokk fő elemeit is ezen géppel kell tisztítani. Fontos megemlíteni, hogy a két rotort csak és kizárólag külön a háztól kis méretű, saválló kosárba helyezve kell a mosóba rakni, hogy a folyamat alatt ne szenvedjen sérülést a futófelülete. A mosást nem szabad kihagyni, mielőtt a rotorok és házrészek átesnek az utómunkálatokon, mert a polírozás során a rajta maradt anyagok felsérthetik a felületet.

Az alábbi képen látható rotor szétszerelés után, olaj és por szennyeződésekkel a felületén.



48. ábra. Tisztításra váró rotor

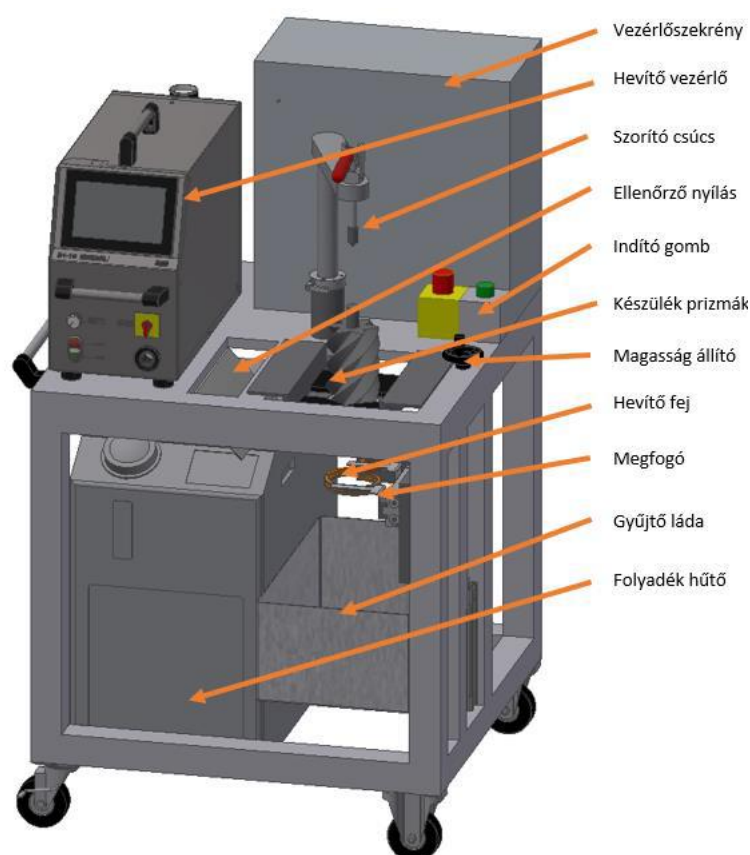
Az apróbb alkatrészeket, mint például a távtartók, retesz és esetlegesen a körmös anyák kerülhetnek az ultrahangos mosóba is. A beépítésre váró alkatrészekeken is zsír, olaj, por vagy egyéb szennyeződések lehetnek és fontos, hogy tisztán kerüljenek vissza az egységbe. Az ultrahangos tisztítóba ioncserélt víz és oldószer szükséges, a tubuson ajánlott keverési formákba. A folyamatát tekintve a készülékbe töltött tisztítófolyadék az ultrahang hullámok hatására, a kavitációs folyamat során mikroszkópikus buborékokat generál, melyek az alkatrész felületére áramolnak. A buborékok a nyomásváltozás hatására szétpukkannak, ezáltal egy akusztikus lökéshullám keletkezik, mely eltávolítja az alkatrész felületein lévő szennyeződések. Itt meg kell jegyezni, hogy az ultrahangos tisztítás egyáltalán nem károsítja az alkatrészeket. [31]



49. ábra. Ultrahangos alkatrészmosó

6.2.3 Csapágygyűrűk eltávolítása indukciós hevítővel

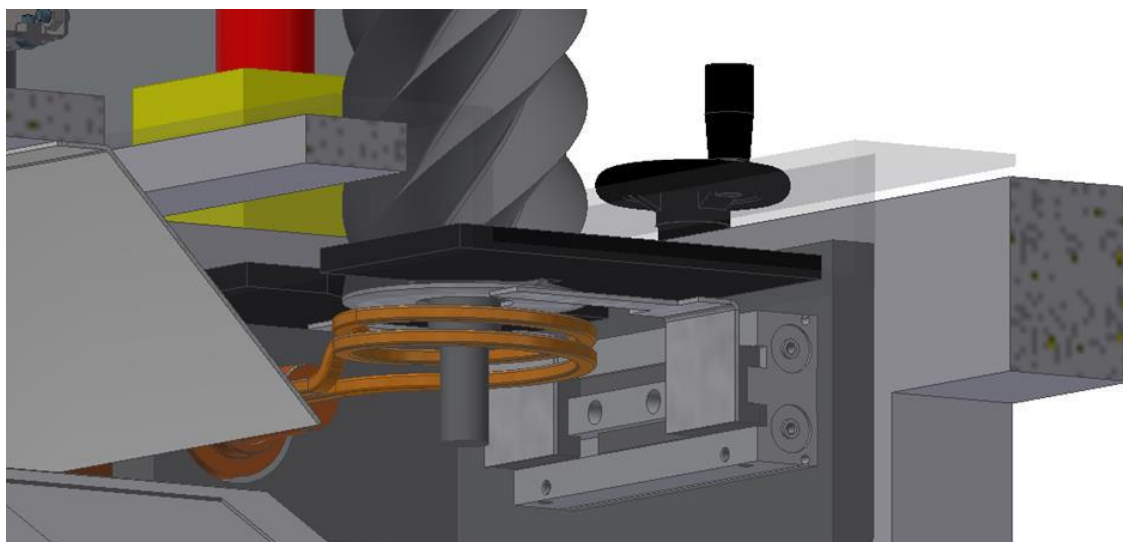
A berendezés a zsurgorkötéssel szerelt csapágygyűrűk eltávolítására szolgál.



50. ábra. Indukciós hevítőgép

A felépítmény keretét alumínium profilok alkotják. Biztonságtechnikai szempontból a hevítő fej körül egy burkolat nyújt védelmet a benyúlás ellen. Az ábrán is látható, hogy alulra kerül elhelyezésre a hűtő berendezés, illetve a csapágygyűrű gyűjtő láda. A vezérlés az elektromos kapcsolószekrényből és a hevítő vezérlőjéből áll össze. A berendezés mobil kivitelre lett tervezve, ezért kettő fix és kettő elforduló keréken mozdítható.

Működését tekintve munkavédelmi szempontból is biztonságos rendszernek minősül, mert a gép teljesen automata módon képes ellátni a feladatát, miután az operátor a rotort a készülékbe helyezte és rögzítette a szorító csúccsal. Ezt követően a szoftverben előre felvett programok közül kiválasztja a művelethez megfelelő paraméterekkel rendelkező alanyt, majd az indítógomb segítségével elkezd a gép a folyamatot. A vezérlő kiadja a jelet és ennek hatására az indukciós hevítő fej felhevíti a csapággyűrűt és a megfogófej összezár. Az egység lefele mozdul, majd a gyűrűt lehúzza a rotorról, ahonnan a gyűjtő ládába esik. A folyamat végén minden visszaáll az alaphelyzetbe, a rendszer kiold és kivehető a rotor.



51. ábra. Készülékbe helyezett rotor

A csapágylehúzó egység az következők alapján épül fel. A tengely központosítására a prizmák szolgálnak, melyet tetszés szerint lehet állítani kisebb-nagyobb átmérők befogadására. Alsó megtámasztását egy cserélhető tárcsalap végzi. Felső támaszul egy kézi gyorsszorítóra szerelt csúcs gondoskodik, aminek magassága egy szorítópersellyel könnyedén állítható.

A csapággyűrű lehúzását egy pneumatikus megfogóra szerelt adapterek végzik. Az egységet egy pneumatikus munkahenger mozgatja függőlegesen, egy lineáris ágyon. Felső végállása egy orsós ütközővel állítható be. A hevítő melletti ellenőrző nyíláson egy tükrön keresztül tudja az operátor nyomon követni a gyűrű eltávolítását.

A készülék támasztó felülete egy alumínium tömbbel van összeköttetésbe, amelyen keresztül a hűtőfolyadék áramlik a bypass körre, ami által a készülék felhevülése kerülhető el folyamatos használat mellett. A vezérlés kijelzője érintőpaneles, amin keresztül beállíthatóak a technológiai paraméterek.

A hevítő berendezés fontosabb specifikációi az alábbiak:

1. Hálózatról felvett teljesítmény: 10 kW
2. Inverter hatásfoka: 95 %
3. Elektromos hálózati igénye: 3x400V, 16A, 50 Hz
4. SMC folyadékűtő berendezés, névleges hűtőteljesítménye: 3,8 kW

A vezérlés indítógombnyomásra történik, amit Omron PLC hajt végre. A folyamat várhatóan kb. 25-30 másodpercet vesz igénybe, amelyből a hevítési lépés tart a legtovább.



52. ábra. Csapággyűrű a rotoron

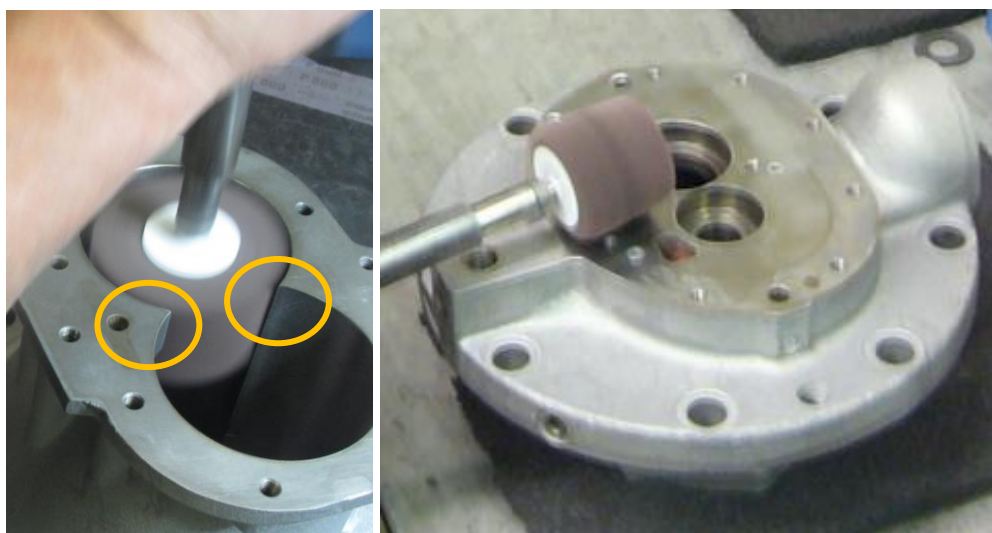
6.2.4 Utómunkálatok és polírozás, csiszolás

A csavarblokk szétszerelése, homokszórása és alkatrészeinek tisztítása után a következő műveleti elem az utómunka. A házak és a rotorok mosása után a felület előkészítő, úgynevezett utómunka területre kell szállítani a darabokat. A lényege ennek a folyamatnak, hogy el kell távolítani a maradványokat és a karcolásokat a fő alkatrészek munkafelületéről. A szerszámok használatára különös figyelmet kell fordítani a munkálatok során, mert helytelen használatuk a tömítőfelületeken sérülést okozhatnak, ami szivárgáshoz, meghibásodáshoz vezethet. Az alábbi képen látható csavarblokk (vevői kérésre nem igényel festést, így homokszórást se) alkatrészei előkészítve várnak az utómunkálatok elvégzésére.



53. ábra. Utómunka alkatrészek

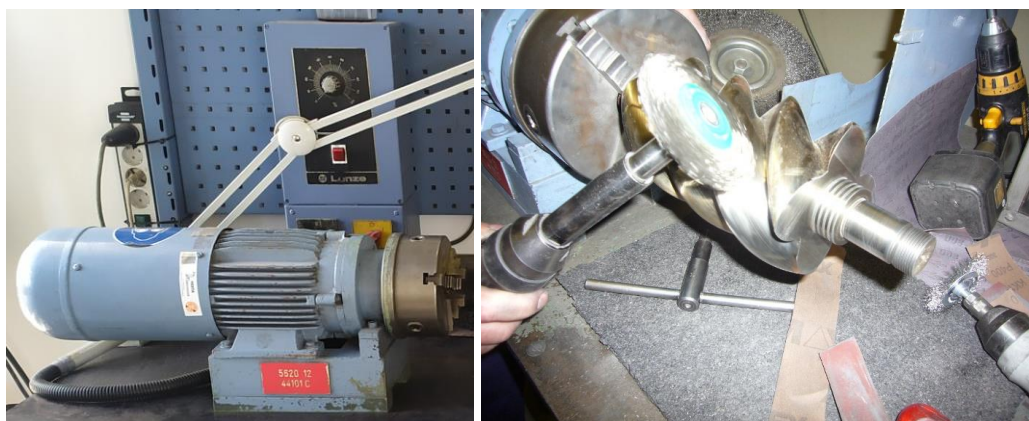
A házrészek olajmentes érintkező felületeit kell elsősorban felpolírozni és minden maradványt eltávolítani róla, mert az összeszerelés során ezek a felületek a csavarkötések mellett ragasztóval is rögzítve vannak. A síkfelületek mellett a csapágyülékeket és a hengeres részeket is csiszoló hengerrel kell tisztítani. Két dologra kell különösen figyelni a polírozás során. Az egyik a szívóoldali ház hengeres felületeinek a találkozása, a másik a házrészek síklapúsága. Az utóbbi ellenőrzéséhez élvonalzó használata elengedhetetlen, szükség esetén a prés segítségével egy etalon darabbal egyengethető. A befejező műveletben pedig egy korund csiszolópapírral az összes síkfelület mindkét oldalán át kell menni.



54. ábra. Felületek csiszolása

A csiszolás befejeztével az alkatrészeket érdemes sűrített levegős lefúvató pisztollyal tisztítani, majd egy újabb körös mosás alá kell vetni a forgókosaras tisztítóba. A mosó ciklus lejártával egy tiszta ládába kell helyezni a komponenseket és az összeszerelés megkezdéséig félretenni.

A rotorpár felújításához szükség van egy olyan stabil megfogásra, ami képes a felülettisztítás közben fellépő erőknek ellenállni, illetve forgó mozgást produkálni az egyenletes polírozás eredményéül. A polírozó területére egy villanymotoros hajtóművet kell ehhez beszerezni. A motor tengelyére egy illesztőtárcsa reteszkötéssel kerül felhelyezésre, aminek kialakítása lehetővé teszi, hogy tengelyirányba is biztosítsuk az adapter fennmaradását járatáskor, mégpedig a tengely menetébe csavarható végzáróval, ami az illesztőtárcsa süllyesztett furatába ül. A három pofás tokmány a szabványos módon illeszkedik fel az adapterre. Az inverternek köszönhetően állítható a motor fordulatszáma.



55. ábra. Rotor felújítása

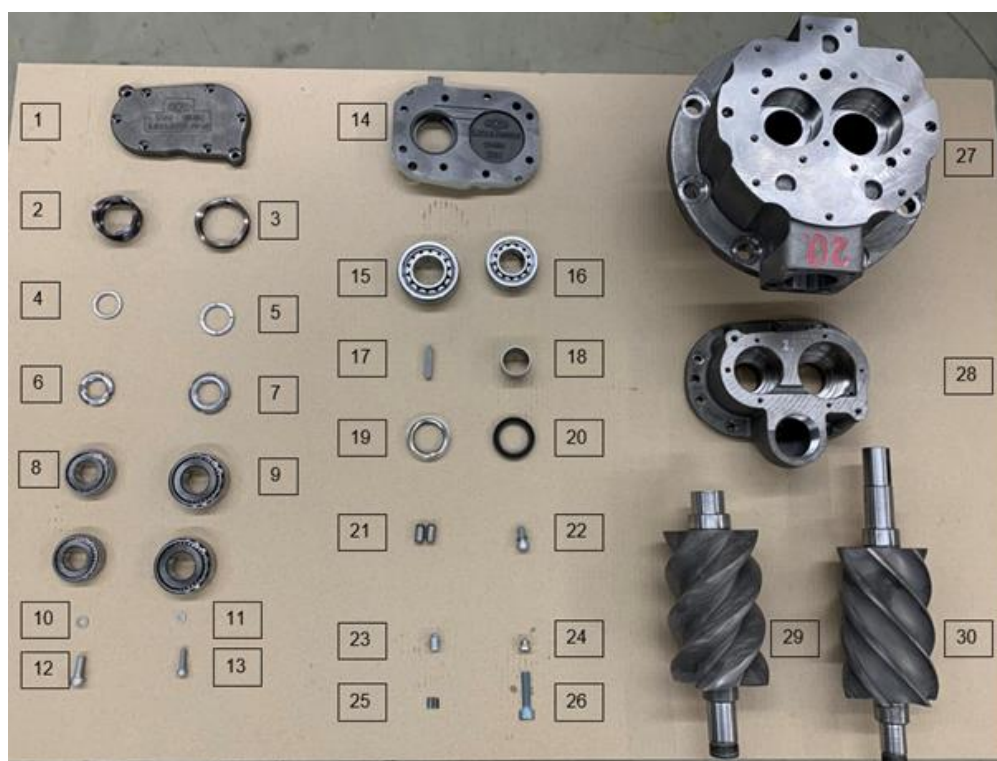
A rotort a tokmányba fogva és beindítva a gépet egy sűrített levegős egyenes csiszolóra szerelt csapos körkefével és lamellás csiszolóval kell megtisztítani. Értelmszerűen a körkefével a nyomóoldali menetekben maradt szennyeződéseket, ragasztó kell eltávolítani, a karcolásokat és ütéseket egy K400-as csiszolópapírral, a végén sorjátlanítva. Minden egyéb beépülő komponenst ugyanezen eljárások alapján kell tisztítani.

A polírozás befejeztével az alkatrészeket száraz helyen kell tárolni, portól és sérülésektől védve. A végső tisztítás után már csak tiszta kesztyűben szabad mozgatni az alkatrészeket az összeszerelés során.

6.2.5 Összeszerelés, radiális és axiális beállítás

Az összeszerelés során előzetesen három biztonsági előírást kell betartania a termékre nézve a szerelőnek. Először is ügyelni arra, hogy minden tárgy, szerszám és felület, ami ragasztóval érintkezik, az tiszta legyen. Másodszor a tiszta alkatrészeket csak tiszta kesztyűben szabad kezelni a területen. Harmadszor pedig a ragasztandó felületeket a végső tisztítás után már nem szabad megérinteni. Ezt a néhány szabályt betartva csökkenteni lehet a szerelés közben fellépő hibákat, illetve szinten lehet tartani egy igényes munkakörnyezetet. Ugyanis az összeszerelő állások nem utolsó sorban ezért is lettek biztos távolságra tervezve a szétszerelő munkaállomásoktól.

Az alábbi képen látható a csavarblokk összes komponense felújításra várva. A képen látható elrendezés nem feltétlen nevezhető szokványosnak, mert a szerelés során a raktárból kikért cserélendő tételek azonosító számmal ellátva, simítózáras tasakokban érkeznek. Az alkatrészek tárolása egy polcos kocsin történik, kísérőlappal ellátva, hogy az egységek közti egydarabos áramlás mindenképp fenntartható legyen.



56. ábra. Csavarblokk komponensei

A rotorblokk összeszerelése három fő tevékenységre osztható. A radiális beállításra, axiális beállításra és a végszerelésre. Mindegyik beállítás külön eszközöket és logikát igényelnek, amit alább kerül részletezésre.

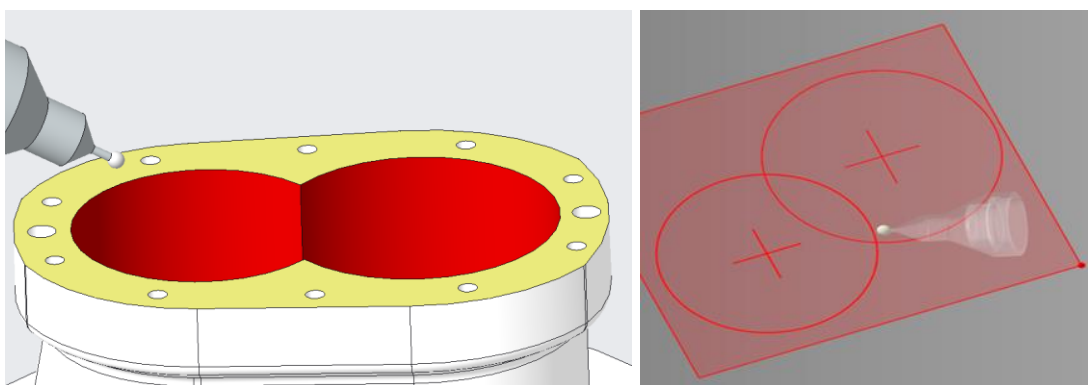
A radiális beállításhoz egy úgynevezett FARO gyártmányú 6 szabadságfokos 3D mérőkart kell alkalmazni. A mérőkarhoz egy külön saját fejlesztésű CAM mérőszoftver használatos. A szoftver képes 3D megjelenítésre, betáplálhatóak mérési programok gyakorlatilag CAA rendszer szinten. Ez a mozaikszó a Control Aided Assembly-ből ered, ami gyakorlatilag nem engedi el a szerelőt eltérni a megadott folyamattól. Ezzel ellenőrizni is lehet, hogy minden lépés valóban megtörtént-e, hanem kontrollálni is. A használata közben minden egyes lépés teljesítéséhez a rendszernek jóvá kell hagynia az elvégzett feladatot, mielőtt a következő pontra tovább mehet az operátor.



57. ábra. FARO mérés közben [32]

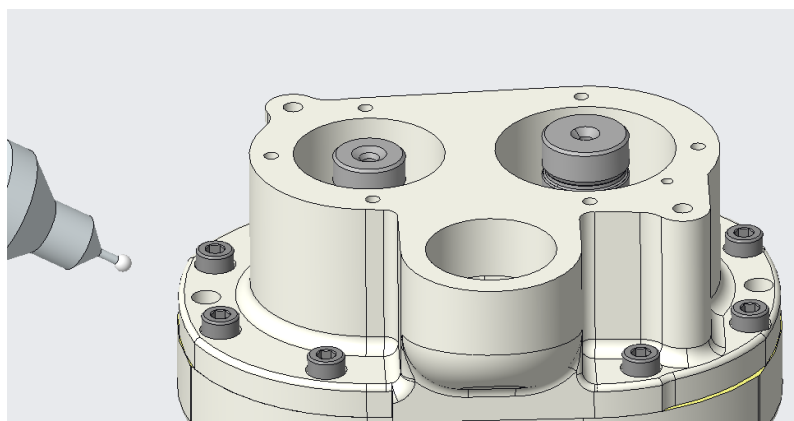
A képen látható installáció került beszerzésre a szervizben is. A gránit tömb egy FARO által forgalmazott gurulós kocsin helyezkedik el, amit a gyárban a stabilabb mérőkörnyezet megteremtése érdekében fix lábakra kerül. A gránit felső síkján kiosztott furatokba egy menetes betét található, amihez rengeteg lehetőség kínál egy alkatrész fixálására. A mérőkart két különböző ponton lehet rögzíteni a tömbön.

A mérést a program inicializálása és kalibrálása után a szívóoldali ház, ellenoldali síkjának és a két furatának mérésével kezdődik, miután készülékbe helyezve a mérőasztalra került. A mérés előtt megkezdése még érdemes az esetleges szennyeződések eltávolítani Loctite Cleaner 7061-el és törlőkendővel. Ahhoz, hogy megkapjuk a sík és a furatok pozícióját a mérőszoftverbe, minél több mérési pontot kell érinteni a tapintógömbbel a felületen és a hengerpaláston.



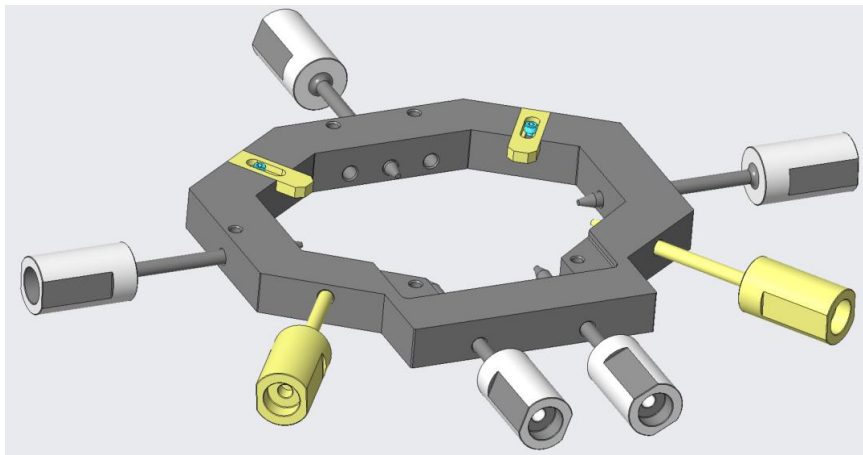
58. ábra. Mérendő felületek és a szoftveres megjelenítés

A program előre meghatározott lépések és paraméterek alapján dolgozik, így a folyamatot a karon elhelyezkedő zöld és piros gombbal lehet léptetni, ismételni. A sikeres mérést követően a rajz által meghatározott, házban belüli szabványos ragasztóanyaggal kell lehengerelni a ház tömítőfelületét, a szoros illesztés érdekében. Ezt követően a két darab rotor bele lehet helyezni a házba pozíciójuknak megfelelően és a ragasztóanyaggal felkent felületre ráhelyezni a nyomóoldali házat, bele kézzel a csavarokat. Figyelni kell arra, hogy a ház játéka megmaradjon a beállításhoz.



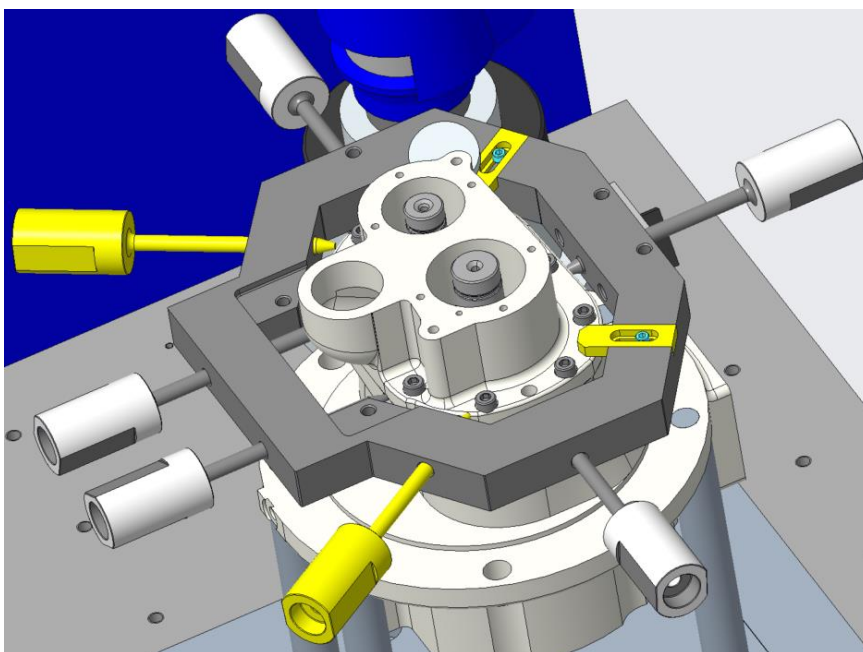
59. ábra. Nyomóoldali ház

A radiális beállítás egyik kulcseleme egy speciális beállító keret, ami az alább képen látható.



60. ábra. Radiális beállító keret

Funkciója a beállítás során, hogy a nyomóoldali ház peremére illeszkedik a két rögzítő támasz és a csap segítségével (sárgával jelölt elemek), ami fixálja a keretet, hogy a beállítás során ne mozduljon el. Majd az X és Y irányú tájoló csapokkal lehet pozícionálni a szoftver és a mérőórák együttes használatával. A támasztó csavarok a nyomóoldali ház karimájára szorítanak rá, míg a tájoló csapok a szívóoldali ház karimájára fókuszálnak, ezáltal lehetőség nyílik a pozícionálásra.



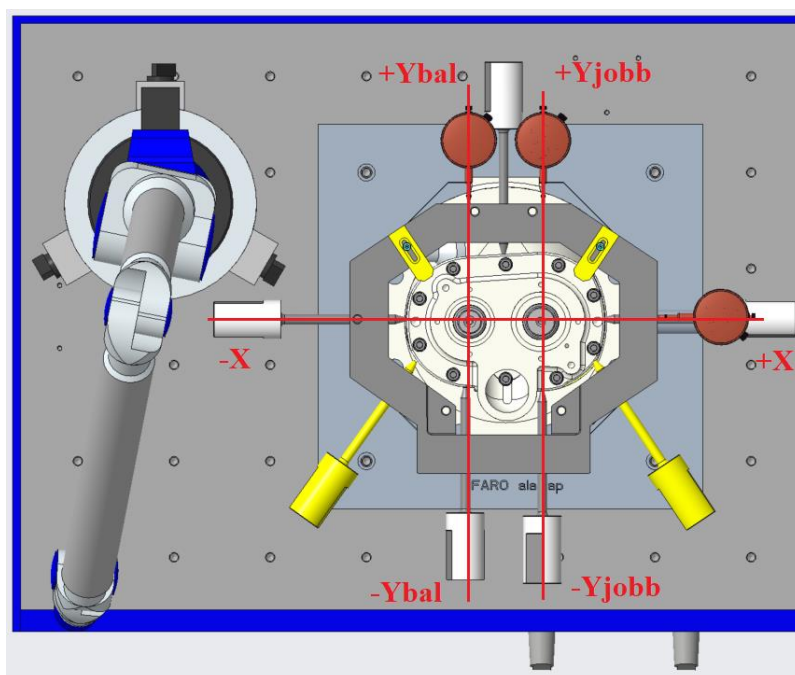
61. ábra. Felhelyezve a blokkra

A beállításhoz szükséges továbbá három darab ezred pontosságú digitális mérőóra, illetve mérőóraállvány, mágneses talppal. A szerviz által favorizált mérőeszközök közül egy Noga márkájú mágneses mérőállvány és Sylvac gyártmányú 0,001 mm pontosságú digitális mérőórára esett.



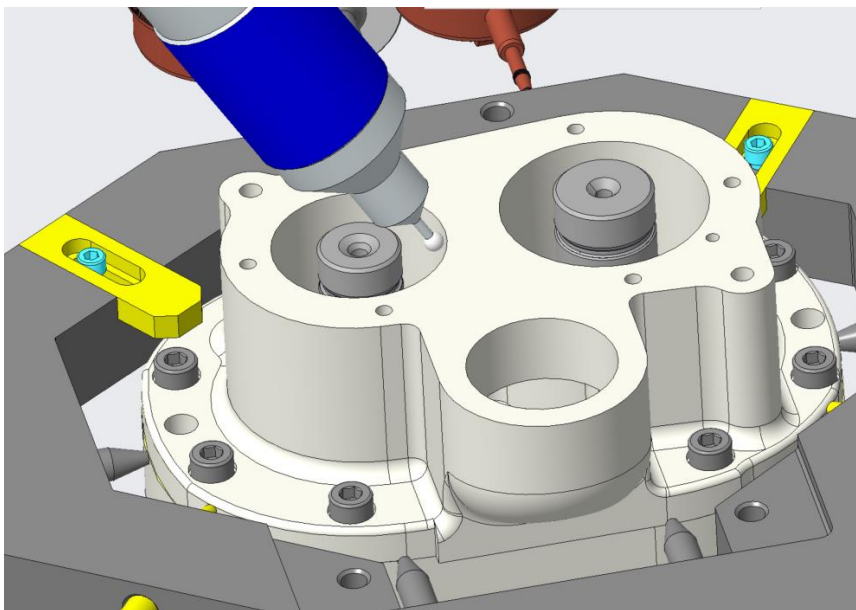
62. ábra. Mérőóraállvány és mérőóra a szereldébe

A mérőórák beállítása roppant fontos, ezért a megértését az alábbi ábrán szeretném ismertetni. A keret külső síkjára merőlegesen kell érinteni a mérőórák tapintófejeit és a három tengely (X, Y_{bal} és Y_{jobb} tengely) meghosszabbítására kell pozícionálni a tapintókkal, lenullázva.



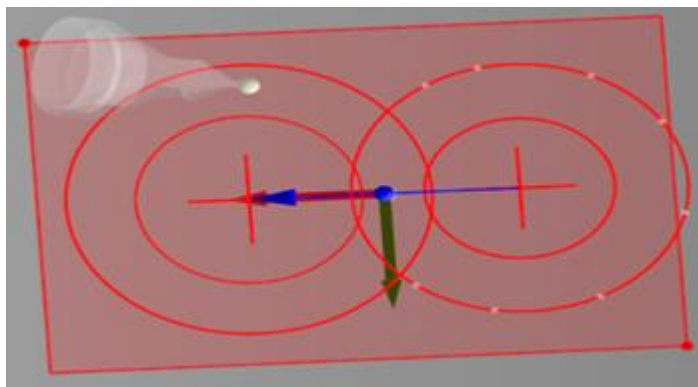
63. ábra. Három tengely ábrázolása

A radiális keret ráhelyezése után a mérőkar segítségével meg kell mérni a nyomóoldali ház mindkét csapágyfuratát. A méréskor figyelni kell a lehető legkisebb erőhatásra a kar használata közben. Minden mérést meg kell ismételni annak érdekében, hogy a hiba minél jobban kizárható legyen.



64. ábra. Csapágyfurat mérése

Az ismétlődő mérés befejeztével a folyamat a végéhez ért, az esetlegesen felmerülő hibát a program detektálja és figyelmezteti a mérést végző személyt. Például, ha a betáplált tűrés értéken kívül mér vagy a mérőtapintót nem megfelelően érinti oda a felülethez, hibás mérés keletkezik, amit nem lehet kiértékelni a jegyzőkönyvbe. Mindezek mellé a programon 3D-s megjelenítőn is felismerhetők a nagyobb hibák.



65. ábra. Programon látható mérés

A következő lépés a jegyzőkönyvi adatlap előhívása és az alapján történő elemzés és radiális beállítás. Az X , Y_{bal} és Y_{jobb} tengelyektől való eltérések itt olvashatóak. A mérési eredményeket és eltéréseket a két mért felület középpontjainak tengelyirányú párhuzamosságától való eltérés adja.

Mittelpunkt AG (X) (4 Kreise AG)						Zahl der Ergebnisse: 2
Eigenschaften	Mért	Megengedett	Eltérés	Alsó tűrőhatár	Felső tűrőhatár	Tűrő- nélkül
	Istwert (mm)	Sollw (mm)	Abw. (mm)	Untere Tol. (mm)	Obere Tol. (mm)	Außer Tol. (mm)
Mittelpunkt.x	0,072	0,000	0,072	-0,005	0,005	0,067

Mittelpunkt AG Links (Y)						Zahl der Ergebnisse: 2
Eigenschaften						
	Istwert (mm)	Sollw (mm)	Abw. (mm)	Untere Tol. (mm)	Obere Tol. (mm)	Außer Tol. (mm)
Mittelpunkt.y	-0,067	-0,030	-0,037	-0,010	0,010	-0,027

Mittelpunkt AG Rechts (Y)						Zahl der Ergebnisse: 2
Eigenschaften						
	Istwert (mm)	Sollw (mm)	Abw. (mm)	Untere Tol. (mm)	Obere Tol. (mm)	Außer Tol. (mm)
Mittelpunkt.y	-0,060	-0,030	-0,030	-0,010	0,010	-0,020

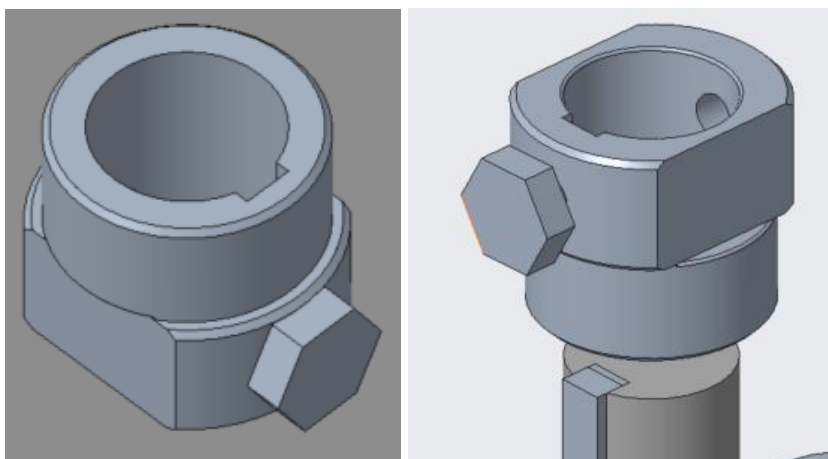
66. ábra. FARO jegyzőkönyv a mérési adatokkal

A kapott értékeket negatív értéként kell értelmezni. Például, ha az X , Y_{bal} és Y_{jobb} tengelyek eltérése 0,072 mm, -0,037 mm és -0,030 mm (66. ábra), akkor előjelesen fordítva kell értelmezni. A megengedett eltéréseknek elsősorban az X tengelynek kell megfeleljenek, azaz a tűrőhatáron belül kell lenniük, ami $\leq 0,005$ mm. Amennyiben az eltérés a három irány egyikében is +0,005 mm-nél nagyobb érték, akkor mindkét csapágýülest mérését meg kell ismételni. A mért értékek negatív értelmezésére a beállítás miatt van szükség. Az összes állítócsavar segítségével a három mérőórát a fenti értékekre kell beállítani. A mérést annyiszor kell megismételni, amíg az eltérés az X tengely értékén belül nem lesz. A sikeres beállítás után a csavarokat nyomatékra kell húzni, majd letörölni a ház peremére kipréselődött ragasztót.

A radiális beállításhoz hasonlóan az axiális beállításnál is vannak olyan figyelmeztető felhívások, amikre érdemes odafigyelni. Ilyen például a hengergörgős csapágyak csúszó perselyét csak a szívóoldalon kell ragasztani. A gördülőcsapágyakat és siklóperselyeket csak közvetlenül az összeszerelés előtt csomagolható ki, mert ellenkező esetben a szennyeződések kerülhetnek rá és a korróziótól távol kell tartani.

A csavarblokkot a beállítás után le kell szerelni a készülékről és a blokk házára tervezett egyedi emelővel meg kell fordítani, hogy a szívóoldal kerüljön felülre és az összeszerelő készülékbe helyezni. A készülék egy állítható magasságú szerelő kocsin helyezkedik el, amivel a csavarblokkal együtt a hidraulikus prés alá lehet állni. A csapágygyűrűket, a csúszóperselyt és a hengergörgős és kúpgörgős csapágyakat a megfelelő rotorra kell préselni a rajz szerinti ragasztóanyaggal ellátva.

A préselési folyamat után egy speciális szorítót kell a hajtott tengely végére szerelni, miután a retesz a helyére került, ahogy az alábbi képen látható. Funkciója, hogy axiális beállítás során erőt kell kifejteni a tengely másik végén, miközben a körmös anyát kell lehúzni. A retesznek kialakított fészek miatt felhelyezhető a tengelyre, majd a hatlapfejű csavarral rögzíthető. A lapolás egy villáskulcsnak való kialakítás, ahol ellen lehet tartani a lehúzáskor.



67. ábra. Rotor hajtott tengelyére való készülék

A kúpgrösgős csapágyat zsugorkötési eljárással kell felhelyezni a tengely végére, amihez egy indukciós hevítőgép vehető használatba a szervizterületen. A csapágyat a hevítő rúdra húzva 130 °C-ra kell melegíteni. A csapágyakat X elrendezés szerint kell a tengelyre helyezni.



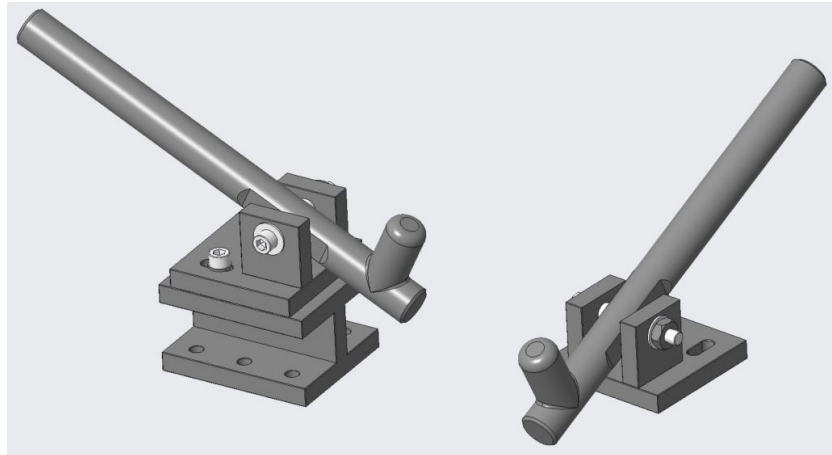
68. ábra. Indukciós hevítő

A távtartók, hornyos anyák és rugók beszerelése után kezdődik az axiális beállítás. A folyamathoz egy úgynevezett beállító fedelet kell használni, amit rögzíteni kell a házra. A fedél abban különbözik a csavarblokk sajátjától, hogy két furat van kialakítva a mérőórának és a körmös kulcsoknak, így nem kell minden állítás után le- és felszerelni a fedelet, mert mindent kényelmesen el lehet végezni így. A mérőórát a tengely végéhez kell pozícionálni és nullázni a számkijelzőt, miután meggyőződünk a tiszta felületéről.



69. ábra. Beállító fedél és mérőóra

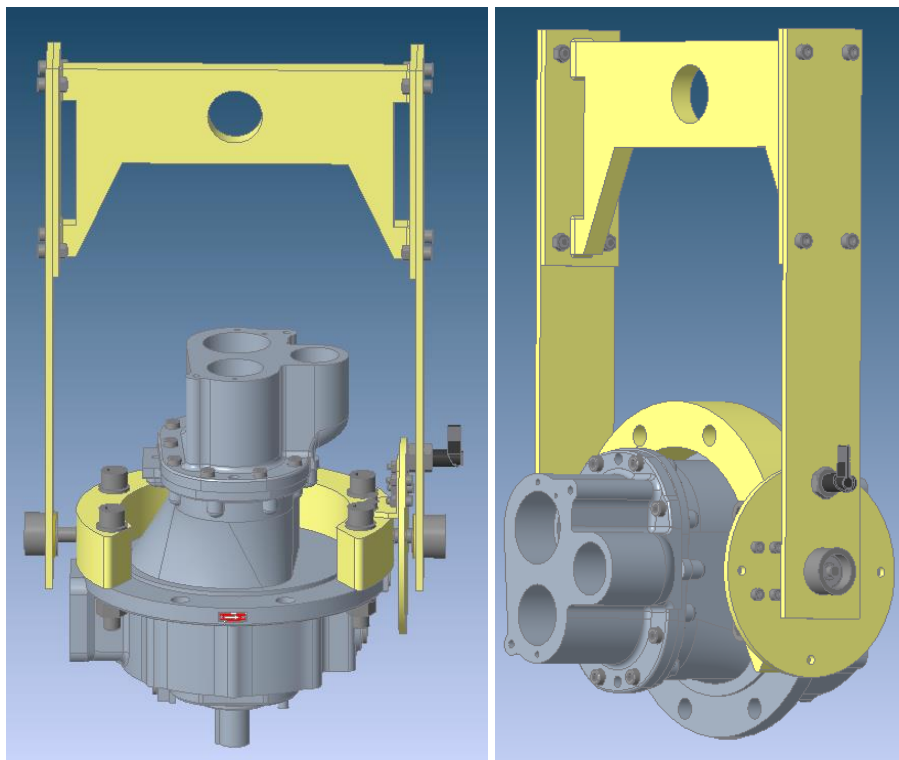
Az axiális beállításhoz továbbá szükség van még két állító szerkezetre, amivel a tengelyirányú játékot lehet állítani, miközben a mérőórán megjelenik az állított érték.



70. ábra. Axiális beállító karok

A mérőórák, a tengelyre szerelt elfordulásgátló, a beállító fedél és -karok pozícionálása után le kell nyomni a kallantyút. A nyomás hatására a mérőórán megjelent értéket kell leolvasni. A rotorok beállított értékét $23\text{--}35\text{ }\mu\text{m}$ -en belülre kell állítani. Amennyiben az axiális hézag nem a megadott határértéken belül van akkor a rotorokat el kell forgatni és lehúzni a hornyos anyákat. Ezt a folyamatot addig kell ismételgetni, amíg a megengedett tartomány belüli beállítást nem éri el. Kiegészítő információként még elmondható, hogy a rotoroknak mindenképp forognia kell a házban már a mérés megkezdése előtt is, illetve az ajánlott axiális hézag $28\text{ }\mu\text{m}$ -nek felel meg. A sikeres beállítás után el kell távolítani a beállító fedelet és enyhén meg kell olajozni a rotorpárt. A csavarblokk saját burkolatának tömítőfelületére a rajz szerint előírt ragasztó anyagot kell felvinni és nyomatékra húzni.

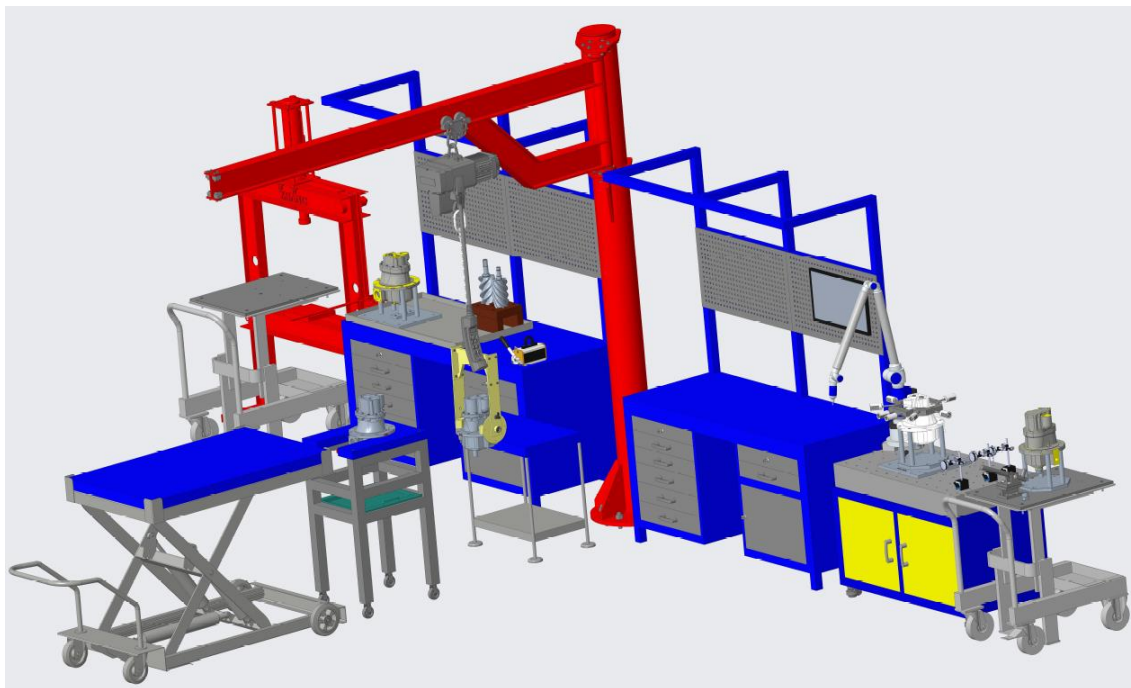
A rotorblokk végszereléséhez a készülékből ki kell emelni a blokkot és átfordítani, majd eltávolítani róla a reteszelt tengely végére helyezett szerszámot. Ezt követően vissza lehet helyezni a csavarblokkot az összeszerelő készülékbe, már nyomóoldallal felfelé. Az összeszerelés során használatos forgató készülék az alábbi ábrán látható. A tárcsa osztóköre négy darab furat helyezkedik el, amivel négy állásban lehet rögzíteni a blokk állását, attól függően, hogy mit szeretnénk vele csinálni. Az esetek döntő többségében csak a szívó- és nyomóoldalára való elhelyezéséhez szükséges készülékről van szó.



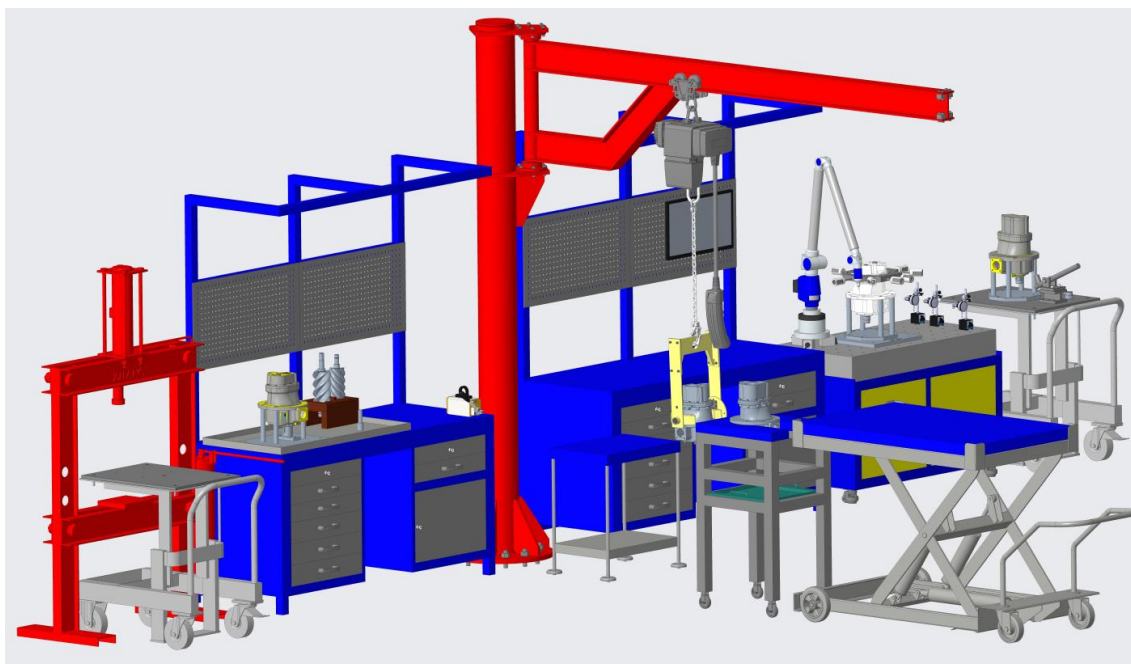
71. ábra. Emelő, forgató készülék

Az átfordítás után a szívóoldali fedél felhelyezése maradt, amibe egy gumi tengelytömítő kerül és egy forgótüskék prés segítségével könnyen behelyezhető. A szükséges ragasztóanyagot szét kell oszlatni a tömítőfelületen, majd becsavarozni a házba és nyomatékra húzni. A felújítás során használatos összes szerszám és segédeszköz egy táblázatba került bejegyzésbe (3. számú melléklet).

A csavarblokk felújítási folyamatának minden eleme és lépése tartalmasan bemutatásra került a hatodik fejezetben. A negyedik fejezetben tervezett felújítási területet az alábbi két ábra szemlélteti (4. számú melléklet). Az ábrán megtalálható minden olyan készülék és speciális szerszám, beállítás, ami a felújításhoz szükséges.



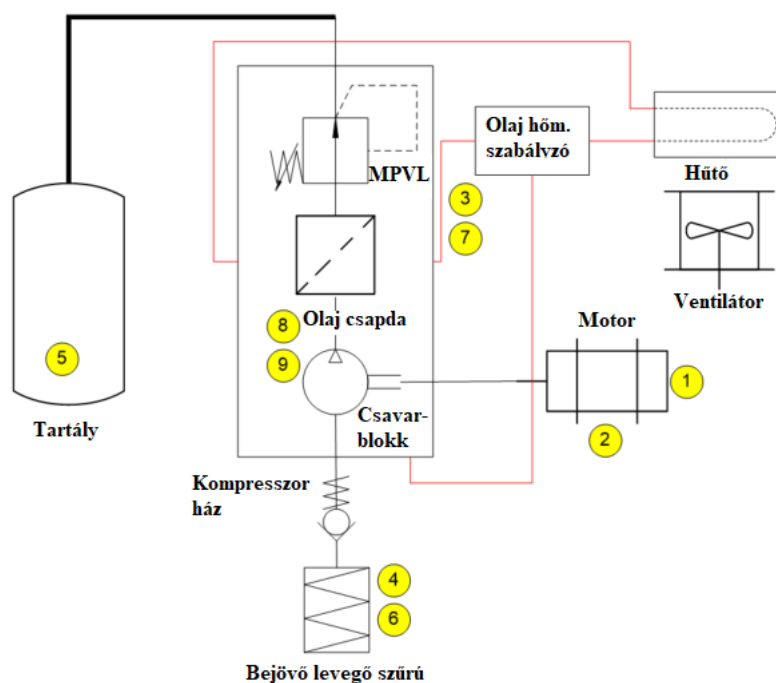
72. ábra. Felújítási terület 1. nézet



73. ábra. Felújítási terület 2. nézet

6.3 Csavarblokk tesztelhetőségének a lehetősége

A felújításon túl elmondható, hogy a csavarblokk tesztelése is kiemelt fontossággal bír. Az előre összeszerelt rotorblokkokat egy próbapadra kell felszerelni. Az alábbi vázlaton látható egy tesztkörnyezet felépítése miképpen valósul meg. A sárga színnel jelölt mérési pontokról egy vizsgálati jegyzőkönyvet kell kitölteni a teszt végeztével. Piros színnel az olaj keringésének útja látható. A teszt során minden mért értéket fel kell jegyezni. [33]



74. ábra. Csavarblokk tesztelési előírása [33]

- 1- Forgási sebesség
- 2- Üzemi áramerősség
- 3- Olaj áramlás
- 4- Levegőáramlás
- 5- Nyomás az olajcsapda után
- 6- Bejövő levegő hőmérséklete
- 7- Olajcsapda hőmérséklete
- 8- Csavarblokk kimenő levegő hőmérséklete
- 9- Zajszint 1450 és 3000 rpm-en

A vizsgálat után leszerelt csavarblokkból a próbapadi olajat ki kell engedni. A maradék olaj pedig nem árt a blokknak, mert korrózió elleni védelmet nyújt. A vizsgálat befejeztével, mielőtt csomagolásra és szállításra kerül a termék, a nyílásait le kell fedni. Ezek a végzárók általában alaplistában megtalálható, raktárról kikérhető tételek.

Sajnos azonban elmondható, hogy egy ilyen tesztkörnyezet megteremtése nagyon költséges beruházásnak bizonyul. A szervizterületre egy külsős megbízott által jelenleg is fejlesztés alatt áll egy tesztberendezés az SL40-es és Mahle típusú csavarkompresszorok blokkjához. A jövőbeli terv az, hogy ezt a tesztpadot az elkészülte és kipróbálása után, az ipari mérnökséggel megvizsgálva felmérjük annak a lehetőségét, hogy SL20-as kompresszorok csavarblokkjait hogyan tudnánk tesztelni vele. Az alábbi képen a fejlesztés alatt álló mérőberendezés látható.



75. ábra. SL40/Mahle tesztberendezés

7. Összefoglalás

A szakdolgozat témaválasztása a területet érintő növekvő vevői igények, legfőképp az SL20 típusú csavarkompresszorok felújítása alapozza meg. Ezt a típusszámmal jelölt légsűrítőt a komplett nagyjavítástól már csak a csavarblokk felújítása szabott gátat. A leírtakat egy három napos szakmai oktatás alapozta meg Németországban az őszi félév folyamán.

A dolgozat első néhány fejezetében ismerteti a Knorr-Bremse égisze alatt álló légellátó termékek felépítését, működési elvét és osztályozását. Kifejti továbbá, hogy a légellátó egységek milyen szerepet töltenek be a vasúti járműveken.

A szakdolgozat további részében bemutatja a szerelde felépítését, illetve a területre jellemző anyagáramlást, majd a kiinduló állapot felmérése után vázolja és újratervezi a csavarblokk felújításához szükséges területeket és berendezéseket.

A következő fejezetben a területet támogató folyamatváltozások kerülnek ismertetésre, melyek a teljes szerelési folyamatot érintik, egészen a beérkezéstől a csomagolásig. A témapont további részében rövid magyarázatot ad arra, hogy mi indokolja a csavarblokk felújítását.

A 6. fejezet a rotorblokk teljes felújításának menetét mutatja be részletesen egészen a szétszereléstől kezdve, az utómunkán keresztül a radiális és axiális beállításáig. Ismerteti a homokszórás és szárazjeges mosási eljárásokat is, amennyiben a vevő igénye, hogy újrafestést is kapjon a beérkezett egység. A szakdolgozat utolsó fejezetében további javaslatokat tesz a csavarblokk tesztelhetőségére a mérési utasítás alapján, ugyanis egy tesztberendezés megépítése, akár házon belül is egy nagyon széleskörű ismeretet követel meg, több hozzáértő bevonásával.

Összegezésül elmondható, hogy a szakdolgozatban kifejtett témák lehetőséget nyújtanak arra, hogy a jövő év első felében a szerelde, függetlenül egyéb tényezőktől, önállóan képes legyen egy komplett csavarkompresszor teljes értékű felújítására. Az átfutási idő és a felújítási költségek csökkenése jelentős előrelépésnek minősül a légellátó szervizterület hatékonyabb működése érdekében.

8. Summary

The topic of the thesis is based on the growing customer demands affecting the area, mainly the overhaul of screw compressors type SL20. This type of air compressor was only prevented from a complete overhaul by the overhaul of the screw block. This was the basis for a three-day training course in Germany during the autumn semester.

The first few chapters of the thesis describe the design, working principle and classification of air supply products under Knorr-Bremse. It also explains the role of air supply units on rail vehicles.

The remainder of the thesis describes the layout of the workflow and the flow of materials in the area, and then, after assessing the initial condition, sketches and redesigns the areas and equipment needed to overhaul the screw block.

The next chapter describes the process changes that support this area and affect the entire assembly process, from arrival to packaging. In the remainder of the chapter, a brief explanation of the rationale for the overhaul of the screw block is given.

Chapter 6 describes in detail the entire process of the rotor block overhaul, from disassembly, through rework, to radial and axial alignment. It also describes the sandblasting and dry-ice washing procedures, if the customer requires that the incoming unit be repainted. In the last chapter of the thesis, further suggestions are made on the testability of the screw block based on the measurement instructions, as the construction of a test rig, even in-house, requires a very broad knowledge, involving several experts.

In conclusion, the topics discussed in this thesis offer the potential to enable a mechanic to independently perform a full refurbishment of a complete screw compressor in the first half of next year, regardless of other factors. The reduction in lead time and refurbishment costs is a significant improvement for a more efficient air service area.

9. Felhasznált irodalom

- [1] Knorr-Bremse Rail Service logó
<https://home.corp.knorr-bremse.com/dashboard/>
- [2] Nánási Zoltán: Vasúti fékezés XIII. – A sűrített levegő. 2012.12.22
<http://www.regionalbahn.hu/p/vasuti-fekezes.html>
- [3] Ismeretlen szerző: Brakes.
<http://www.railway-technical.com/trains/rolling-stock-index-1/train-equipment/brakes/>
- [4] B-LC21.41en01. Description of SL Air Supply System. Németország. Knorr-Bremse. 2019.09.10.
- [5] C203153. 3D modell. WindChill. 2017.
- [6] B-LA90.24en012. Description of VV Air supply system. Németország. Knorr-Bremse. 2007.
- [7] B-LG41.27en01. Description of VV-T Air supply system. Németország. Knorr-Bremse. 2011.
- [8] 8.121.2.321.853.9. 3D modell. WindChill. 2020
- [9] B-MB30.23en22. Description of Separator. Németország. Knorr-Bremse. 2022. 12.
- [10] B-MA50.26en02. Description of Humidity Indicator. Németország. Knorr-Bremse. 2017.
- [11] B-EN20.22en08. Description of Pressure governor. Németország. Knorr-Bremse. 2021
- [12] Adrian Kramlich: Training screw compressors. Németország. 2016.
- [13] Ludwig Obermaier: Oil-free Compressor Training. Németország. 2019.
- [14] Ismeretlen szerző: Vortag Kolbenkompressoren-VV
- [15] Ismeretlen szerző: Kompresszor működése. 2009.
http://www.pneuplus.hu/kompresszor_mukodese.htm
- [16] Vörösmarti József: Légsűrítők. Belső dokumentáció. Budapest.
- [17] B-LC20.61en09,” Compressor, standard basic unit SL20-5, Németország, Knorr-Bremse, 2020.
- [18] Ismeretlen szerző: Operating stages in a twin-screw compressor.
<https://www.researchgate.net/figure/>

- [19] Rainer Stromayr: Trainig screw compressors-15 minutes. Németország. 2015.
- [20] B-LC00.26en02: Description of Relief valve. Németország. Knorr-Bremse. 2018
- [21] B-LA90.22en15: Description of VV Kompressor set, Németország, Knorr Bremse, 2019.
- [22] Ismeretlen szerző. Compressors all without VV-T. Belső dokumentum. Knorr-Bremse
- [23] B-LG40.21en18. Description of VV-T Compressor set. Németország. Knorr-Bremse. 2019
- [24] Knorr-Bremse: Air supply units in railway vehicles. München. 2016.03.05.
- [25] B-LB10.21en10: Motor compressor set LP115. Németország. Knorr-Bremse. 2019.
- [26] Ismeretlen szerző: Air supply units in railway vehicles. Belső dokumentum München. 2016
- [27] B-MA20.26: Description of LTZ015..H Air Dryer Units. Németország. Knorr-Bremse. 2015.
- [28] B-MA20.52en09: Description of LTZ1.2..H-LTZ2.2..-H Air Dryer Units. Németország. Knorr-Bremse. 2020.
- [29] Ismeretlen szerző: Homokszórás
<https://chromedesign.hu/2021/10/01/homokszoras/>
- [30] Ismeretlen szerző: Szárazjeges tisztítás.
<https://www.ktakaritas.hu/szarazjeges-tisztitas/>
- [31] Ismeretlen szerző: Ultrahangos tisztítási elv.
<https://www.muszeroldal.hu/assistance/ultrahangtisztitas.html>
- [32] FARO mérőkar fotó
[FARO Design Scan Arm 2.0 | 3D Middle East LLC \(3d-me.com\)](#)
- [33] PRF11986en02. Test instructions for Rotor blocks. Németország. Knorr-Bremse. 2011.

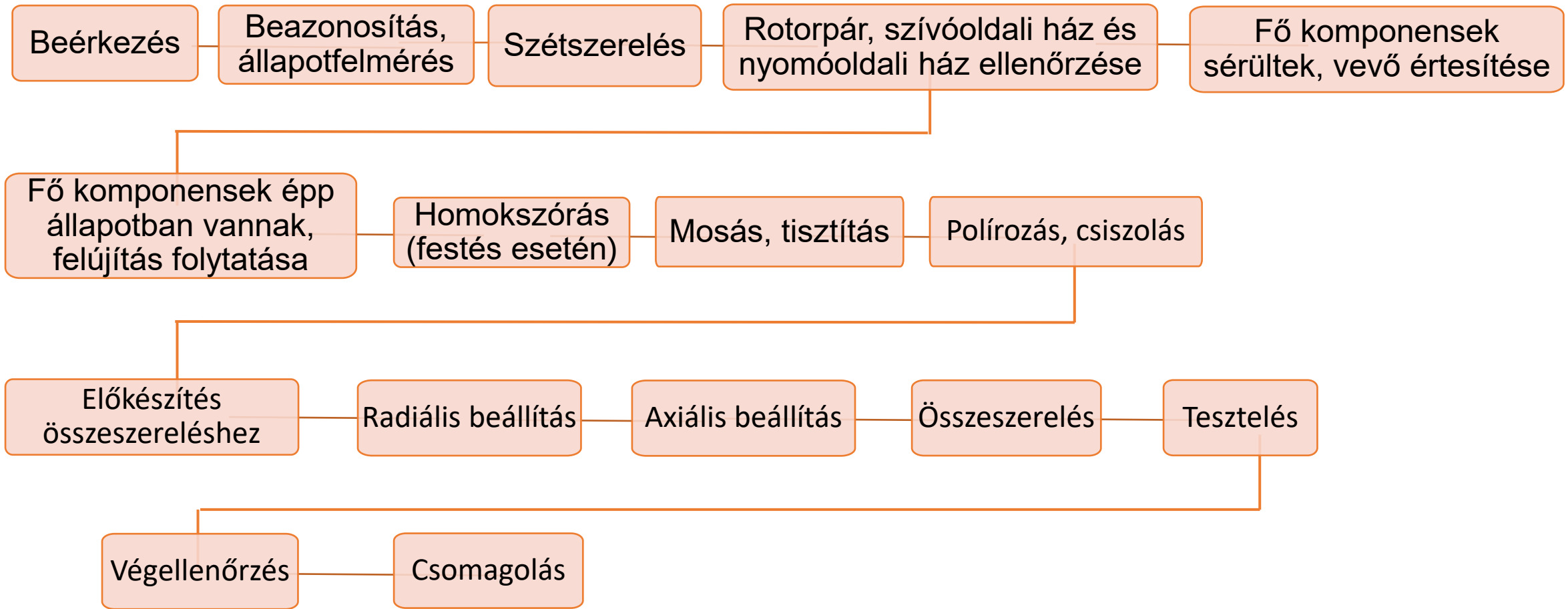
10. Mellékletek

1. sz. melléklet: Kísérőlap formanyomtatvány
2. sz. melléklet: Csavarblokk felújítási folyamatára
3. sz. melléklet: Csavarblokk felújításához szükséges szerszámok listája
4. sz. melléklet: Csavarblokk felújítási terület

 Szerviz Minőségügyi Ellenőrzési Nyomtatvány		CoC Air Supply BUD-R/QML			
QN	600778661	Személyi szám			
FA		Elvégezte (Bélyegző) Q-gate vizualizáció Revíziója Ellenőrizte (Bélyegző)	Extra alkatrész igény		
Típus	LTZ 2.2H		A szerelés során talált sérült alkatrészek cikkszáma, darabszáma	SAP KONFIGURÁCIÓBAN RÖGZÍTENDŐ TÉTELEK (SN) = SZÉRIASZÁM (PD) = GYÁRTÁS IDEJE (BA) = SARZSZÁM	
Megnevezés	Légszárító / Luftrocknungsanlage				
Szériaszám	22-1828 / 0111330037				
Cikkszám	II43749 Ver: 03				
Beépítési rajz száma	C84704 Ver: 04				
PRF	7180 Ver: 08				
Szerelési- / Mérési állomások A megfelelő ellenőrzési műveletek elvégzése után a dolgozónak személyi számával dokumentálni kell az elvégzett műveletet	Mosás/tisztítás			Tartály 1	SN
	Tartályok bontása			Tartály 2	SN
	Traeger bontás			ZKV	SN
	Elektromos bontás			Mágnes szelep	PD
	ZKV bontás				
	Tartály töltés				
	ZKV összeszerelés				
	Tartály felszerelés				
	ZKV felszerelés				
	Elektromos bekötés				
	Funkcióteszt				
	Végszerelés/festés javítás				
	Csomagolás				
KNORR-BREMSE		További információ		Elektromos állomás	
Vonalkód		Az egység célja Beérkezés dátuma Átépítés esetén új cikkszám A fő egység cikkszáma és szériaszáma Vevő Szállítási határidő MÁV-START ZRT. Nem ismert		Felújítás 2022.02.15	
 		 KNORR-BREMSE Légszárító / Luftrocknungsanlage		Elektromos szerelés során használt krimpelőfogó(k) azonosítószáma:	
		LTZ 2.2H 03			
		SNr.: 22-1828 / 0111330037 ID.Nr.: II43749			



Csavarblokk felújítási folyamatára



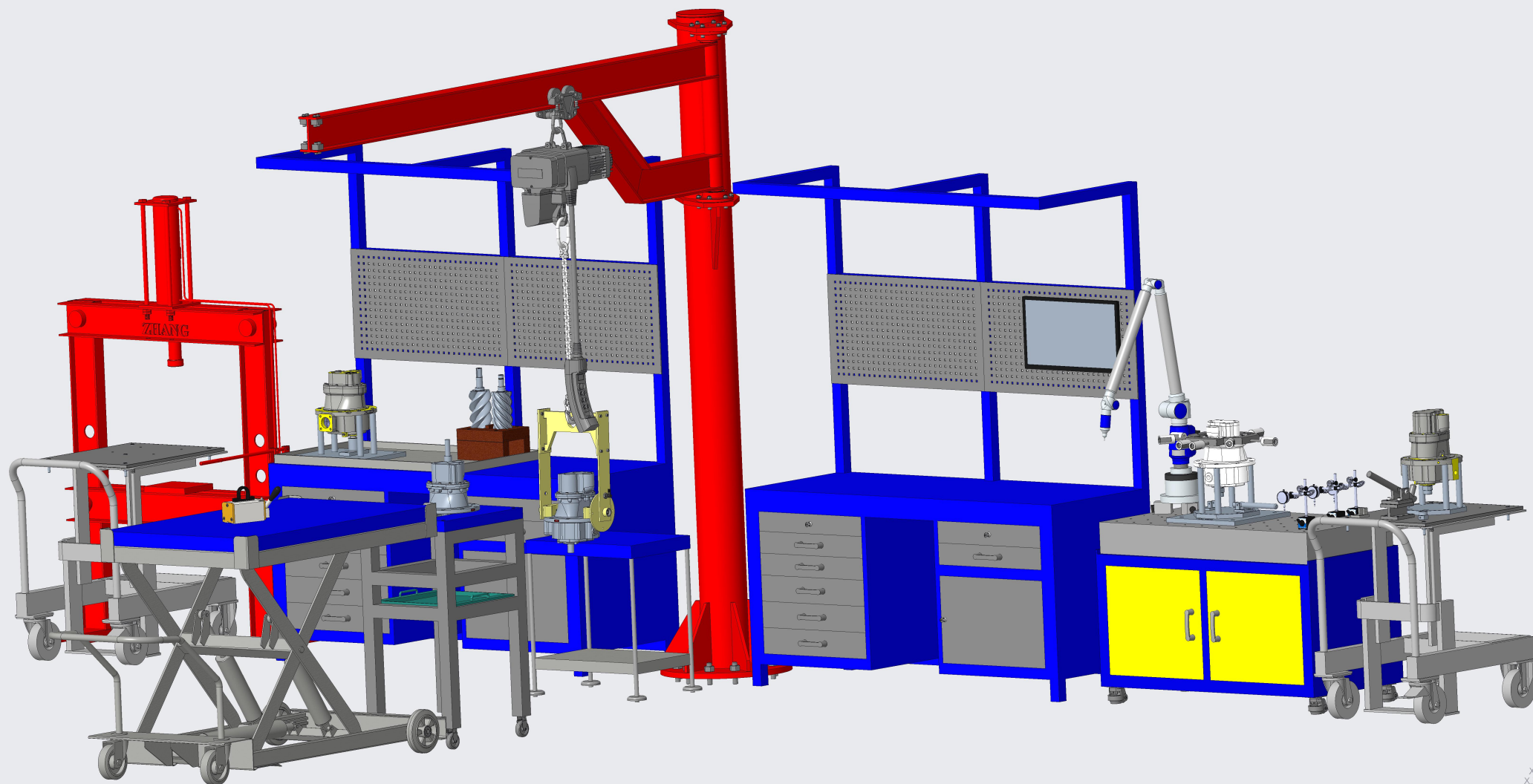
	A	B	C	D
1		Szerszám, készülék, berendezés megnevezése	Kép az eszközökről	Költsége [EUR]
2		körmös kulcs KM3		19,67 euro
3		Körmös kulcs KM5		18,96 euro
4		Körmös kulcs KM6		21,07 euro
5		Körmös kulcs KM7		22,47 euro
6		Körmös kulcs KM8		26,68 euro
7		Rátűzőkulcs		10,66 euro
8		Rátűzőkulcs		10,66 euro
9		Rátűzőkulcs		11,12 euro
10		Csapkihúzó		118,32 euro
11		Csőfogó		34,48 euro
12		Levegős csavarozó		541 euro
13		Seeger-fogó		17,34 euro
14		Hajlított Imbuszkulcs		4,6 euro
15		Imbuszkulcs keresztnyéllal 5mm		3,96 euro
16		Imbuszkulcs keresztnyéllal 6mm		4,27 euro

	A	B	C	D
17	Szétszerelés	Imbuszkulcs 6mm		0,71 euro
18		Lapos fejű csavahúzó 14,0 x 250mm		27,03 euro
19		Lapos fejű csavahúzó 12,0 x 200mm		21,73 euro
20		Lapos fejű csavahúzó 1,2 x 7,0 x 125mm		10,4 euro
21		keresztvéső		4,78 euro
22		Toldószár		8,62 euro
23		Racsnis kulcs		52,63 euro
24		Műanyag kalapács		36,41 euro
25		Szemes csavar		13,06 euro
26		Belső kihúzó készülék 20mm-30mm		106,08 euro
27		Belső kihúzó készülék 28mm-40mm		106,88 euro
28		Belső kihúzó készülék 35mm-46mm		119,57 euro
29		Belső kihúzó készülék 45mm-58mm		160,08 euro
30		Teleszkópos mágnes		10,61 euro
31		Élvonalzó		15.56 euro
32		Racsnis kulcs toldóval		55.69 euro

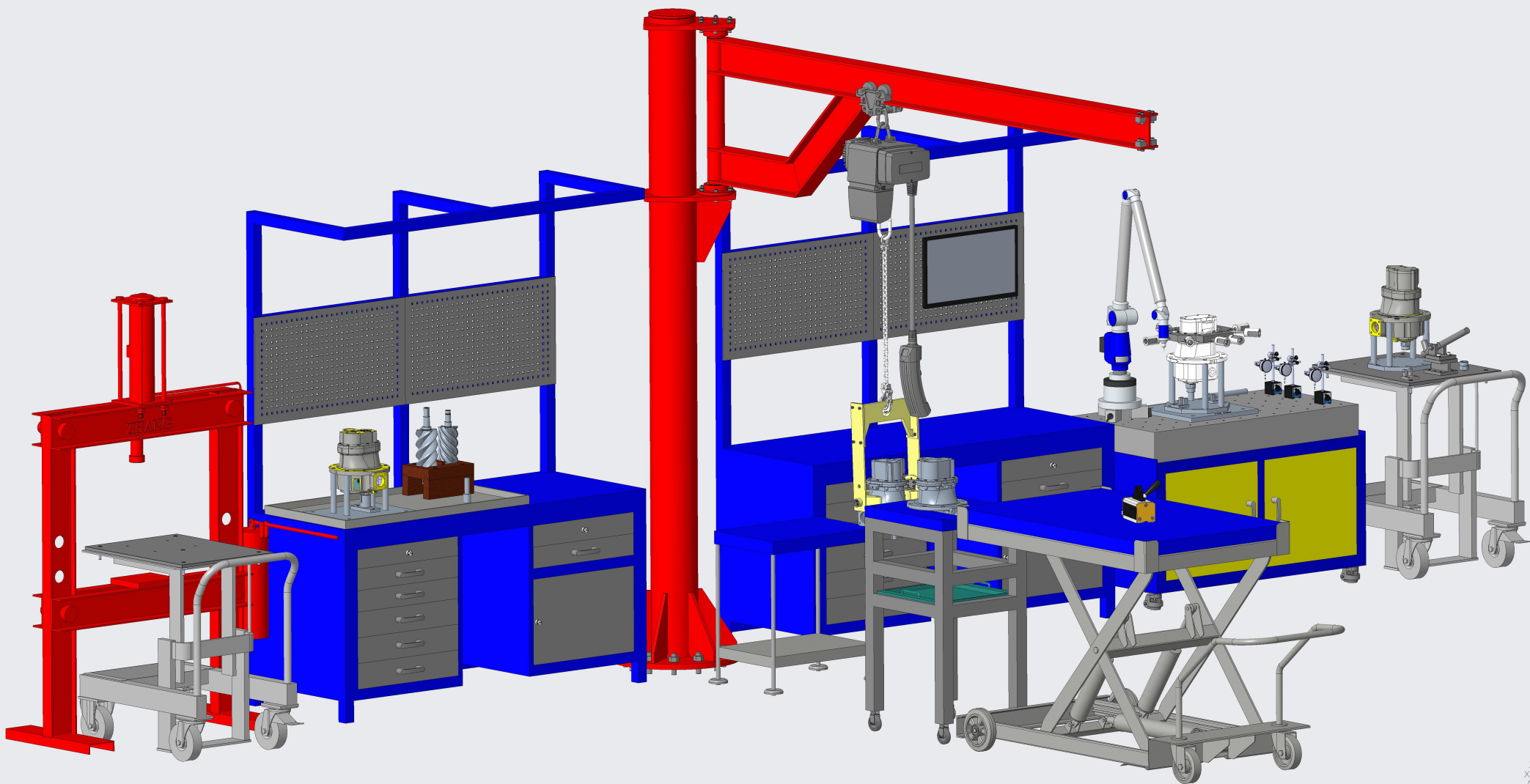
	A	B	C	D
33				11,65 euro
34		Mágneses emelő		349 euro
35		kalapács 500g		13,67 euro
36		kalapács 800g		18,36 euro
37		csőfogó		12,55 euro
38		véső/kaparó		24,84 euro
39		keresztmarkolatú imbuszkulcs 5mm		3,06 euro
40		keresztmarkolatú imbuszkulcs 6mm		3,36 euro
41		Racsnis kulcs		52,63 euro
42		Akkus csavarozó		315,18 euro
43		Levegős csavarozó		541 euro
44		műanyag kalapács		36,41 euro
45		Villáskulcs 14/17mm		3,95 euro
46	Homokszórás-mosás	6lapú dugókulcs 17mm		7,7 euro
47		Imbuszkulcs 5mm		0,62 euro
48		Keresztmarkolatú imbuszkulcs 5mm		3,96 euro

	A	B	C	D
49		Keresztmarkolatú imbuszkulcs 6mm		4,27 euro
50		Keresztmarkolatú imbuszkulcs 5mm		7,33 euro
51		Keresztmarkolatú imbuszkulcs 6mm		8,73 euro
52		Rátűzőkulcs 6mm		10,05 euro
53		Rátűzőkulcs 8mm		10,15 euro
54		Rátűzőkulcs 10mm		10,15 euro
55		Lapos fejű csavarhúzó		21,73 euro
56		Kettős csillagkulcs 24/27mm		16,88 euro
57		Szám beütő		20,3 euro
58	Polírozás, csiszolás az utómunkálatokhoz	Lamellás csiszoló (közepes) 80x50mm		13.04 euro
59		Lamellás csiszoló (durva) 80x50mm		13.04 euro
60		Hengeres kefe 3mm		17.90euro
61		Hengeres kefe 6mm		8.93 euro
62		Hengeres kefe 10mm		6.12 euro
63		Ecsetkefe		12.44 euro
64		Csapos kefekorong 0.2-0.3mm		10.46 euro

	A	B	C	D
65		Csiszolópapír K400		1.02 euro
66		Loctite tisztító spray		14.43 euro
67		Loctite zsírtalanító spray		17.88 euro
68		Sűrített levegős egyenes csiszoló		134.5 euro
69	Összeszerelés	racsnis kulcs toldószárral		94.35 euro
70		Loctite 574 ragasztó		27.91 euro
71		Loctite 243 menettömítő		10.79 euro
72		Loctite zsírtalanító spray		17.88 euro
73		Habhenger		1.38 euro
74		Indukciós hevítőgép		4246,12 euro



XX+0.1
XXX+0.01
XXXX+0.001
ANG.+0.5



X.X+0.1
X.XX+0.01
X.XXX+0.001
ANG. +0.5